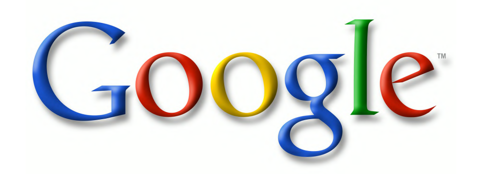
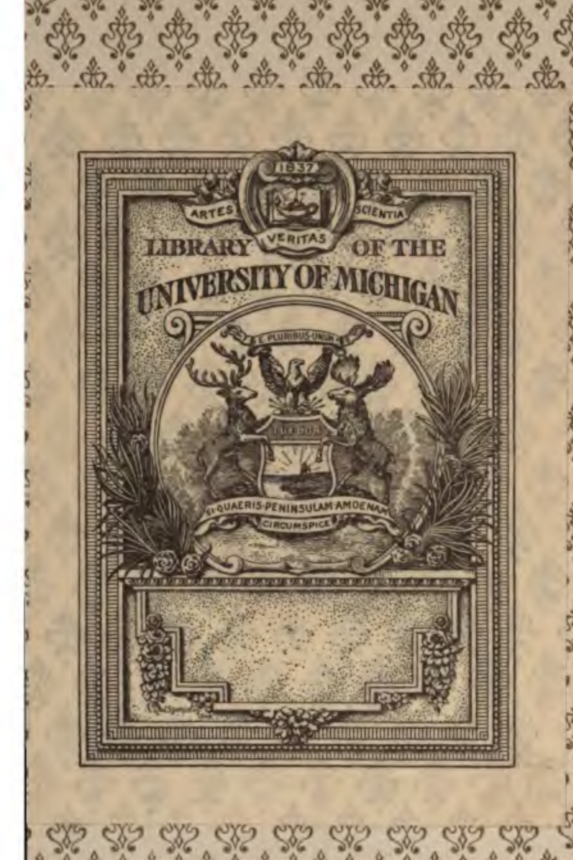
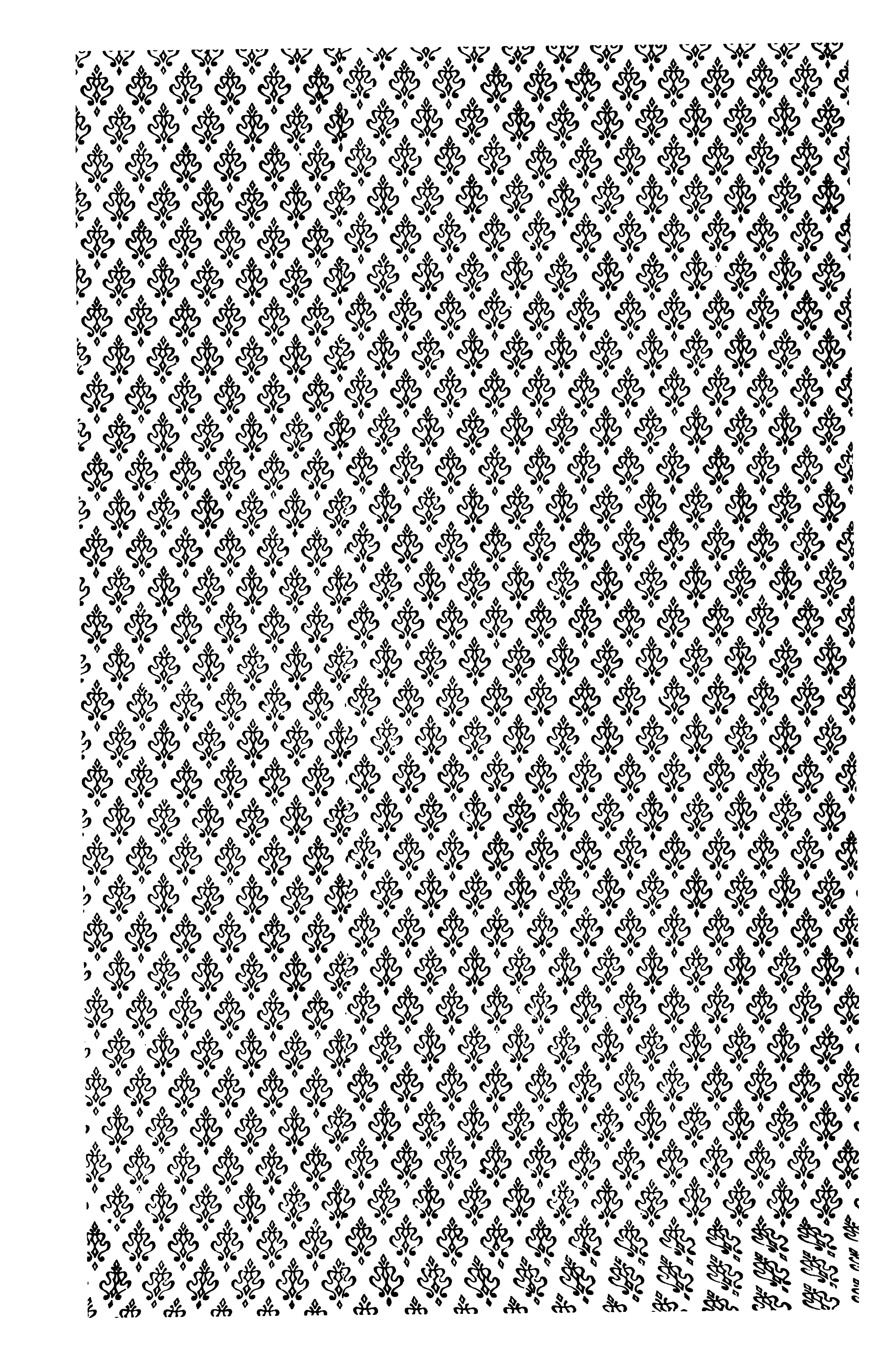



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



UBER DIE

GRUNDLAGEN DER ERKENNTNIS

IN DEN

EXACTEN WISSENSCHAFTEN.







ÜBER DIE

GRUNDLAGEN DER ERKENNTNIS

IN DEN

EXACTEN WISSENSCHAFTEN

VON

PAUL DU BOIS-REYMOND.

NACH EINER HINTERLASSENEN HANDSCHRIFT.

MIT EINEM BILDNIS DES VERFASSERS.

TÜBINGEN, 1890.
VERLAG DER H. LAUPP'SCHEN BUCHHANDLUNG.

Druck von H. Laupp jr. in Tübingen.

VORWORT.

Schon seit langen Jahren trug sich der der Wissenschaft zu frühe entrissene, von Freunden und Schülern tief betrauerte Verfasser mit dem Gedanken, den von ihm wahrgenommenen Zusammenhang der Grundbegriffe der exacten Wissenschaften mit dem Begriff der mathematischen Grenze, wie er ihn in seiner „Allgemeinen Functionentheorie“ klargelegt hat, näher zu beleuchten. Schon in dem eben genannten Werke spricht er diese Absicht an verschiedenen Stellen bestimmt aus. Im Wintersemester 1887—88 hielt er an der Technischen Hochschule zu Berlin, wo er als Professor der Mathematik wirkte, ein Colleg über denselben Gegenstand, aus welchem er einen Abschnitt: „Ueber die Unbegreiflichkeit der Schwerkraft“ in der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin vortrug und darauf in der Naturwissenschaftlichen Rundschau (III. Jahrg. Nr. 14) veröffentlichte. Dort bemerkt er in einer Fussnote, dass eine Schrift gleichen Titels wie das Colleg binnen kurzem erscheinen werde. — Ein unerbittliches Geschick hat ihm die Ausführung dieses seines Lieblingsplanes versagt.

In dem Nachlass des Dahingegangenen fand sich nur das Manuscript zu jenem Colleg, in nicht druckreifem Zustande, mit vielfachen Lücken und unentzifferbaren Stellen, die eine Vorlesung mehr —, die andere weniger ausgearbeitet.

Unter solchen Umständen musste es bedenklich erscheinen, das Manuscript, selbst in überarbeiteter Form, in die Oeffentlichkeit zu geben, zumal in Anbetracht der hohen Formvollendung, die der Verfasser seinen Publicationen zu geben pflegte.

Andererseits bezog sich aber die Unfertigkeit des Manuscriptes doch nur auf das äusserliche Gewand. Der Gedankeninhalt lag klar zu Tage. In Bezug auf diesen handelte es sich nicht um etwas Halbfertiges. Hier lag vielmehr das wohl ausgereifte Lebensresultat eines tiefen Denkers und weitblickenden Gelehrten vor, das um so grösseres Interesse beanspruchen musste, als seine er-

kenntnistheoretischen Ergebnisse, wiewohl er zu denselben von entgegengesetztem Ausgangspunkt aus gelangt war, mit denjenigen der neueren psychologischen Philosophie zusammentrafen und sie in bedeutsamer Weise ergänzten. (Die Verschiedenheit der Terminologie kommt ja nicht in Betracht.)

So entschloss ich mich denn, gestützt auf meine, durch langjährige Freundschaft mit dem Verfasser gewonnene Kenntnis seiner Anschauungen, der mir gewordenen Aufforderung zur Bearbeitung und Herausgabe des Manuscriptes zu entsprechen und damit einen schwachen Teil der Dankbarkeit gegen den verstorbenen Freund abzutragen für die vielfältige geistige Anregung und Belehrung, die mir vergönnt war, aus dem genussreichen Umgang mit dem geistvollen Manne zu schöpfen. In meiner Arbeit wurde ich wesentlich unterstützt durch den wertvollen Rat, dessen ich mich von seiten des Bruders des Verfassers, Herrn *Emil du Bois-Reymond*, zu erfreuen hatte.

Bei der Feststellung des Textes habe ich mich möglichster Zurückhaltung befleissigt. Waren auch in der Anordnung der einzelnen Absätze mannigfache Aenderungen erforderlich, so blieb doch die Gesamtdisposition erhalten. Der Charakter der Vorlesungen bedingte naturgemäss eine gewisse Ungezwungenheit des Vortrages mit häufigeren Wiederholungen. Mag hiedurch auch an einzelnen Stellen der Eindruck der Weitschweifigkeit erzeugt werden, so konnte daran doch nichts geändert werden, wenn der eigentümliche Reiz der Unmittelbarkeit und Wärme des Vortrages nicht gefährdet werden sollte. Zudem dürfte bei philosophischen Erörterungen zu grosse Breite ein geringeres Uebel sein als peinliche Knappheit.

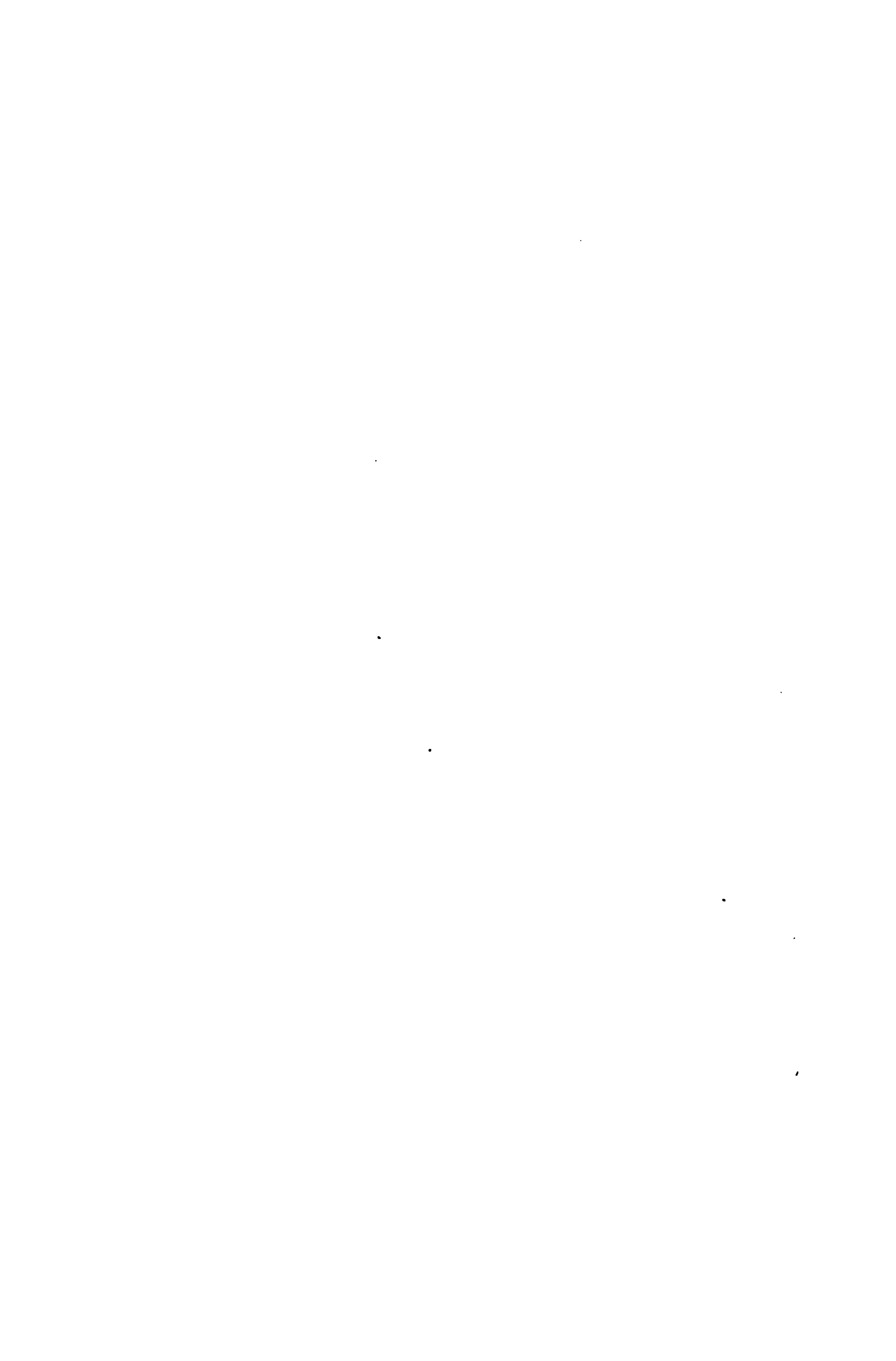
Ich war mir von Anfang an bewusst, dass es nie gelingen werde, den Text nur annähernd so zu gestalten, wie er von der Meisterhand des Verfassers geformt worden wäre. Trotzdem glaube ich keine undankbare Arbeit verrichtet zu haben.

Möge die Schrift nach dem Sinne des Herrn Verlegers den zahlreichen Freunden und Schülern des Verfassers ein wertes Andenken an den Dahingegangenen sein, und möge sie auch in den weiteren Kreisen von Vertretern sowohl der exacten Wissenschaften als der Philosophie als willkommene Gabe freundliche Aufnahme finden!

Berlin, im September 1890.

Dr. Guido Hauck.

INHALT.



I.

Einleitung.

Virgil hat uns die schönen, berühmten Verse hinterlassen (Georgicon II, 490 ff.):

> »*Felix qui potuit rerum cognoscere caussas,*
> *atque metus omnis et inexorabile fatum*
> *subiecit pedibus strepitumque Acherontis avari.*«

Ja, glücklich zu preisen, wer die Ursachen des Geschehens und Erscheinens erkennt! Dem Genuss: die Gründe einer verwickelten Erscheinung zu durchschauen, überhaupt ein Problem zu lösen, das uns lange gequält hat, ist kein anderer zu vergleichen. Jeder wird sich davon in irgend welchem Grade überzeugen, sei es auf technischem, sei es auf rein wissenschaftlichem Gebiete. Der Gedanke, die Condensation ausserhalb des Cylinders stattfinden zu lassen, von dem unsere moderne Dampftechnik ihren Ausgang nahm, wird *James Watt* kaum mit geringerem Entzücken erfüllt haben, wie *Kirchhoff* und *Bunsen* ihre wichtige und heute so ergebnisreiche Deutung der Fraunhoferschen Linien.

Aber zu dieser unsagbaren Freude, welche befriedigter Erkenntnistrieb, erarbeitete Aufklärung verwickelter Verhältnisse und Schwierigkeiten gewährt, steht im Gegensatz die fortdauernde, zum schmerzlichsten Gefühl sich steigernde Unruhe, welche Probleme erregen, wenn sie allen unseren Anstrengungen trotzen, wenn wir nachgerade daran verzweifeln

müssen, sie zu lösen. Doch tritt hier ein Unterschied ein:

Ein Anderes ist es, ob wir an der Lösbarkeit eines Problems nicht zweifeln dürfen, aber, wie dies uns Mathematikern in der rechnenden Mathematik ja leider häufig genug widerfährt, die Aufgabe, die sicher eine Lösung besitzt, erschöpft und entmutigt beiseite legen müssen, entweder weil wir bei den dermaligen Hilfsmitteln unserer Wissenschaft keine Möglichkeit mehr absehen, wie man die gesuchten Grössen darstellen könnte, oder weil es an einem Princip gebricht, welches sich uns nicht enthüllen will. Zu dem Aerger über verlorene Zeit und Mühe und der inneren Beschämung über die Demütigung, welche unsere vermeintliche Kraft wieder einmal erfahren, gesellt sich das vielleicht nicht gerade edle Gefühl, dass nun später jemand anders, möglicherweise mit leichter Mühe, erreichen wird, was wir erstrebten.

Ein Anderes dagegen ist es, wenn wir einem Problem gegenüberstehen, dessen Lösung nicht deshalb versagt ist, weil uns unser Witz oder die Wissenschaft im Stich lässt, sondern weil wir zur Ueberzeugung gelangen, dass ihm menschliche Kräfte überhaupt nicht gewachsen sind, während es doch an sich vollberechtigt, ja gar nicht zu umgehen ist, falls wir nicht auf das Verständnis eines Erscheinungsgebietes überhaupt verzichten wollen. Dergleichen Probleme stellen uns die letzten Abstractionen, das allgemeine Grenzproblem der exacten Wissenschaften, die Mechanik, die Einwirkungen der Körper auf einander, und werden uns vermutlich noch manche andere Erscheinungsgebiete vorlegen.

Das Problem wird in diesem Falle seines ursprünglichen Charakters entkleidet und wird ein psychologisches. Wir fragen: Weshalb begreifen wir den Vorgang nicht? Seine Unlösbarkeit verliert zunächst ihren Stachel, um sich in-

dessen alsbald mit einem neuen zu bewaffnen, der uns treibt, die eigentümliche Art der Beschränkung unseres Fassungsvermögens zu ergründen, welche uns am Begreifen der letzten Abstraction hindert. Und diese Untersuchung soll uns nun beschäftigen. Um noch deutlicher ihren Gegenstand zu erkennen, wollen wir ihn an einigen Beispielen in der modernen Wissenschaft verfolgen.

Lehrreich ist zunächst in mancher Beziehung die Lehre von den Lebewesen.

Ich meine nicht die ungeheure Mannigfaltigkeit des Unerforschten, welche die Physiologie der Lebewesen birgt, sondern die dem oberflächlichen Blick zuerst sich darbietende Entwicklung der heutigen Arten des Pflanzen- und Tierreichs, mit den allgemeinen Theorien, welche ihre Entstehung unserem Verständnis näher gerückt haben.

Wir haben vor uns die Reihe z. B. der Tierarten in aufsteigender Folge von den einfachsten Organismen bis zum Menschen hinauf, eine Folge, die auf den ersten Blick häufig stetig erscheint, jedoch ebenso oft lückenhaft ist, ja näher betrachtet wesentlich den Charakter sprungweiser, oft verzweigter Aenderung annimmt. Sie legt uns die Frage vor: Wie sind diese Arten seit jenen Zeiten entstanden, in welchen sich auf unserem Erdball die Bedingungen für die Existenz organischen Lebens allmählich einstellten?

Ohne irgend ein neues Princip, welches lehrt, wie eine Tierform wenigstens innerhalb gewisser Grenzen in der Successionsreihe ihrer Nachkommen in eine andere überzugehen vermag, kann man diese Frage nach der Entstehung der Arten nicht beantworten, und wir verdanken dem grossen *Cuvier*, in seiner Erklärung der Artenentstehung durch unmittelbare göttliche Schöpfung, das unumwundene und energische Geständ-

nis, dass er ein solches Princip nicht besass. Dies war seitens eines so tiefkundigen und höchsten Ansehens sich erfreuenden Forschers eine wissenschaftliche That von folgenreichster Bedeutung. Denn sie gab dem Problem den einfachsten Ausdruck. Das göttliche Eingreifen, den Deus ex machina — in dem Drama herbeigezogen, um die Verwickelung, die der Dichter nicht aus der Handlung und den Charakteren heraus zu lösen vermag, zum befriedigenden Abschluss zu bringen — ihn galt es nunmehr in der Naturkunde entweder auf Grund ausreichender Erklärungen überflüssig erscheinen zu lassen oder seine Notwendigkeit zu erhärten.

Nun, es ist bekannt, dass etwa achtzig Jahre nach *Cuvier* das fehlende Princip, welches die Entstehung der Arten begreiflich macht, von *Darwin* entdeckt wurde: das Princip von der erblichen Erhaltung der Abweichung des Kindes von den Eltern, um es kurz auszudrücken.

Natürlich ist hier nicht der Ort, auf die Geschichte der geistigen Arbeit einzugehen, welche diese beiden Marksteine der Naturkunde verbindet. Genug, nachdem der *Darwin*'sche Gedanke seine Wirkung gethan, scheint uns die Berufung auf einen Schöpfungsakt nicht mehr nötig. Wir übersehen, wie etwa die heutigen organischen Formen allmählich entstanden sind. Wir lassen unserer Phantasie freien Lauf, die auf mannigfaltige Weise, z. B. aus den uns einigermassen bekannten Organismen der tertiären Zeit, die höher organisirten Wesen durch Selection entstehen lässt, eine Fortentwickelung mit vielfach toten Seitentrieben. Ja wir gehen kühnlich weiter und weiter zurück und gelangen schliesslich bis zu den einfachsten Organismen im Urschlamm der Erdoberfläche, aus denen, das ist das Ende dieses Gedankens, alles Lebende im Laufe einer ungeheuren Zeitdauer sich herausgestaltet hat.

Sogleich aber stehen wir wieder vor einem neuen Problem, und zwar vielleicht noch tieferer Art wie das von *Darwin* gelöste. Es ist das der Entstehung lebender Organismen überhaupt.

Wir wollen uns die Entwicklungsgeschichte unseres Planeten so vorstellen, wie es jetzt wohl ziemlich allgemein geschieht: dass er, mit feurig-flüssigem Zustande beginnend, durch Abkühlung eine feste Kruste erhielt, auf der sodann schlammige Ablagerungen aus der von Dämpfen aller Art gebildeten Atmosphäre im Laufe langer Zeitperioden für die Existenz von Lebewesen tauglich wurden, die sich dann auch wirklich darin entwickelten. Es haben sich also, dies scheint eine notwendige Folge jener Annahme zu sein, in völlig organisationslosem Mittel lebende Organismen gebildet.

Bekanntlich sind alle Versuche von *Leeuwenhoek* bis auf *Pasteur* missglückt, eine generatio aequivoca, d. i. eine Entstehung von Lebendem in toter Substanz hervorzurufen. Vielleicht würde dazu eine ganz bestimmte Zusammensetzung der Substanz aus toten, aber den Lebewesen angemessenen chemischen Substanzen, Albuminoiden, Salzen etc. erforderlich sein. Wer kann wissen, mit welchen physikalischen Agentien alsdann solche Substanz behandelt werden müsste, damit sie endlich den ersehnten Anfang von Zellenbildung oder der ihr vielleicht vorangehenden Bildung von Amöben irgendwo erkennen liesse? Wer kann eben die besonderen Umstände ahnen, unter denen im Urschlamm auf der Erdoberfläche das erste Leben entstand? Doch brauchen wir nicht daran zu verzweifeln, dass der Forschungstrieb, welcher durch solches Problem auf das mächtigste angeregt wird, es dereinst bewältigen werde.

Freilich ist angesichts der Erfolglosigkeit der bisherigen Versuche ebenfalls ein Schöpfungsakt angenommen worden,

wodurch der erste Lebensodem, gleichsam in Lebensatomen, dem Urschlamm mitgeteilt worden wäre. Auch hat man, wodurch die Frage allerdings nur von unserer Erde auf andere Himmelskörper verlegt wird, die Hypothese aufgestellt, dass Meteore der Erde die ersten Lebenskeime überbrachten. Allein man kann, wie bemerkt, immer die Hoffnung hegen, dass auch dieses Problem sich einst, wie man zu sagen pflegt, auf natürliche Weise lösen lassen wird, d. i. ohne unserem Planeten und den uns geläufigen Vorstellungen fremde Elemente zur Hilfe herbeiziehen zu müssen, — dass man also, mit einem Wort, natürliche Bedingungen entdecken wird, unter denen in toter Substanz Leben entsteht.

An dieser Stelle ist die scharfe Grenze gezogen, bis zu welcher die erklärende Kraft des *Darwin*'schen Gedankens sich erstrecken kann, wenn man die Probleme über die Beschaffenheit des Lebens selbst nach wie vor ausschliesst.

Wir wollen aber noch weiter vorzudringen versuchen und sehen, welche Aufgaben nun dem Forscher sich darbieten. Es würde sich jetzt eine neue Ordnung von Problemen erheben: es sind die der organischen Chemie. Denn die tote Substanz, in der nach der Annahme Leben entstehen wird, muss doch aus Stoffen zusammengesetzt sein, die der Zusammensetzung der belebten Zelle gleichen. Und so würde es sich weiter um Darstellung des organischen Stoffes aus dem anorganischen handeln. Allerdings kommt uns hier die Chemie entgegen durch ihre synthetischen Bestrebungen, die ja schon die merkwürdigsten Erfolge aufweisen. Doch ist die Darstellung der eiweissartigen Stoffe und vieler anderen noch nicht gelungen. Indessen hier gerade zweifeln wir am wenigsten am schliesslichen Gelingen.

So könnte man ohne Hilfshypothesen unvorstellbarer Natur denn doch die Stufen der Entstehung und Entwicklung der

Lebewesen vom toten Urzustande der Erdoberfläche an bis auf unsere Tage in der Idee verfolgen, und wieviele Aufgaben untergeordneter Natur diese Lehre auch noch darböte, im ganzen würde sie doch unseren Forschungstrieb befriedigen. Sie würde etwa wie historische und philologische Forschungen uns ein Bild eines Entwicklungsganges geben, bei dem wir vielleicht manche heute unausfüllbare Lücke zu beklagen hätten, aber nirgends würde die Lücke den natürlichen Zusammenhang des Ueberlieferten in Frage stellen.

Ein ähnliches Bild lässt sich von vielen anderen Wissenschaften entwerfen, wenn man ihre Endziele angemessen beschränkt, wie es bei der oben erörterten Lehre von der Entstehung der Arten sich von selbst ergab: so von der Physiologie, soweit sie das psychische Problem beiseite lässt, — von der Geologie mit der Glacialzeit (man denke z. B. an die grosse Granitschale vor dem Berliner Museum, deren Block von den Norwegischen Alpen in die Mark befördert wurde), — von der Mineralogie mit der Entstehung der Diamanten, die man auch erschaffen wähnen könnte, — von der Sternkunde, die mit den Grundlagen des Gesetzes der Trägheit und der *Newton*'schen Anziehung, sowie der Spectralchemie völlig auskommt. Lehrreich ist namentlich die Meteorologie, die trotz grosser Anstrengungen sehr wenig vor sich gebracht hat; weiss sie doch z. B., was die veränderlichen Luftströmungen betrifft, kaum aus noch ein, wie die unsicheren Prognosen unserer Zeitungen beweisen. Aber man kann sich denken, dass bei tieferer Kenntnis der Luftströmungen sie uns Respekt einflössen wird, wie sie denn schon einige merkwürdige Thatsachen ans Licht gefördert hat. Vorerst unbegreifliche Erscheinungen sind allerdings genug da, so die Rotationserscheinungen, als da sind die Taifune, die

Wasserhosen, die von Herrn *Raoul Pictet* beschriebenen Sandhosen in der Wüste bei Kairo, dann die Gewittererscheinungen, der Hagel, vor allem der plattenförmige, die Kugelblitze und dergl. mehr. Sie alle aber harren für ihre Erklärung wohl nur auf Weiterentwicklung der Physik.

Alle diese Wissenschaften verbreiten also ihre Herrschaft über Gebiete der natürlichen Erscheinungen, und ihre Probleme, mögen sie noch so schwieriger und tiefer Natur sein, versprechen eine Lösung mit den Hilfsmitteln ihres Erscheinungsgebietes. Jedenfalls haben wir nirgends das Gefühl, an die Grenzen unseres natürlichen Begriffsvermögens zu stossen.

Anders verhält es sich mit den von uns bisher beiseite gelassenen biologischen Problemen.

Indem wir die Naturkunde auf die Entstehung der Arten beschränkten, ihre Ziele aber bis zur Entstehung des Lebenden überhaupt zurückverlegten, liessen wir die Möglichkeit offen, dass die Forschung dereinst auch Bedingungen entdecken werde, unter denen aus anorganischen Stoffen Leben hervorgeht, wie dies ja auf unserem Planeten wahrscheinlich stattgefunden hat. Diese Möglichkeit mag nun einmal zur Thatsache werden oder nicht, jedenfalls ist mit ihr nicht zugleich angenommen, dass wir dann auch — oder dass wir überhaupt einmal erkennen werden, was Leben ist, worin der Vorgang besteht, der — beginnend mit der Bildung einfachster Zellen, dann fortschreitend zu engverbundenen, ein auf einander angewiesenes Dasein führenden Zellengemeinden, sich hierauf gabelnd in die Entstehung der einfachsten Pflanzen- und Tierformen — schliesslich emporführt zum erstaunlichsten Phänomen der uns umgebenden Erscheinungswelt: zum Bewusstsein und zur Seele.

Man kann angesichts des Abgrunds von Problemen, welcher an dieser Stelle sich öffnet, nicht mehr mit Zuversicht sagen,

wir könnten das Wesen der Seele materiell begreifen, wenn wir nur erst gewisse Principien von materiellen Wechselwirkungen entdeckt hätten, etwa wie wir die Entstehung der Arten begreifen mit Hilfe des *Darwin*'schen Princips der erblichen Erhaltung der Abweichung von den Eltern. Und wenn einst zur Zeit der Encyklopädisten himmelstürmender Thatendrang entfesselter Geister auch vor diesem Problem nicht zurückschreckte, oder wenn kurzsichtiges Speculiren seine übermenschlichen Formen nicht ahnt, so möchten ernste und scharfblickende Denker kaum je an seine natürliche Lösung geglaubt oder auch nur an die Zergliederung der seelischen Erscheinungen sich gewagt haben.

Hier also haben wir es mit Erscheinungen zu thun, welche wir schwerlich so verstehen werden, wie man die Eisperioden oder die Witterungswechsel oder irgendwelche Vorgänge in der unorganischen Natur verstehen zu können glaubt oder hofft, oder nur deshalb nicht verstehen zu können meint, weil uns das Material zum Verständnis der Vorgänge nicht mehr zu Gebote steht. Wir haben das Gefühl, dass die seelischen Erscheinungen ganz anderer Ordnung sind, wie die ausserseelischen. Wenn wir schon nicht absehen, wie je vor unseren Augen bewusste Wesen entstehen können aus uns völlig tot erscheinendem Stoff (den wir z. B. einer beliebig hohen Temperatur ausgesetzt haben, bei welcher aus jedem Lebewesen Wasserdampf, Kohlensäure, Ammoniak, Salze und Erden werden), so liegt uns noch viel ferner die Möglichkeit, dass wir je das Bewusstsein selbst in eine Kette natürlich befriedigender Vorstellungen werden auflösen können.

Doch diese an sich schon fremdartige und dem gewöhnlichen Vorstellungsgebiet des Menschen weit entrückte Erscheinungswelt des Seelischen ist es nicht, die wir in Gegensatz

zu den Wissenschaften der sogenannten Naturkunde bringen wollen, von denen ich zu zeigen suchte, dass sie vermutlich nirgends menschlich Unbegreifliches ans Licht fördern. Es ist vielmehr das Forschungsgebiet der ihnen auch sonst gegenübergestellten exacten Wissenschaften, wie man sie nennt, darunter verstanden: die Mathematik, die Mechanik, die Astronomie, die Physik, die Chemie, sowie die Physiologie, soweit sie den ersteren hinsichtlich der Forschungsmethode zur Seite gestellt werden kann. Es ist, mit einem Wort, das in keiner Richtung Schranken kennende Streben des Naturforschers, zu den letzten Gründen der Erscheinungen vorzudringen, ein Streben, das in einer bestimmten Denkform sich kundgiebt.

Es ist nämlich von jeher ein Ziel des naturwissenschaftlichen Denkens, das bereits in der Physik der Alten bemerkt wird und dessen Anziehungskraft besonders nach fruchtbaren Perioden der inductiven Wissenschaften sich fühlbar macht: die Mannigfaltigkeit wenigstens einzelner Gebiete von Naturerscheinungen durch Combinationen von möglichst einfachen und gleichartigen Mechanismen — wie man es nennt: zu »erklären«. So wurde, von den älteren Bestrebungen in der bezeichneten Richtung abgesehen, die Gravitation auf eine unveränderliche Fernwirkung der Körperteilchen zurückgeführt, ebenso die Erscheinungen der statischen Elektricität und des Magnetismus, während die elektromagnetischen Erscheinungen durch *Ampère* mit Hilfe seiner Molecularströme, dann die elektrischen Erscheinungen überhaupt durch *W. Weber*'s berühmtes Gesetz erklärt wurden. Dies sind nur ein paar hervorragende Beispiele unter zahlreichen, die sich bis in's physiologisch-psychische Gebiet hineinerstrecken, worauf übrigens alsbald eingehender zurückgekommen wird.

Das wissenschaftliche Denken schlägt fast unwillkürlich

diese Richtung ein, welche ihm durchaus natürlich zu sein scheint. In der That, der Antrieb zu solchen erklärenden Constructionen entspringt sichtlich dem Unbehagen oder der Unruhe, welche verwickelte oder neue Erscheinungen erzeugen. Sie stören unseren Frieden. Er kehrt nicht eher wieder, bis die beunruhigende Erscheinung durch eine unserem Denkvorgang natürliche Succession von Vorstellungen mit solchen Endvorstellungen, die, gleichviel aus welchem Grunde, unseren Frieden *nicht* stören, in lückenlosen Zusammenhang gebracht ist. Von der uns befremdenden Wahrnehmung oder Vorstellung sagen wir, falls ein solcher Zusammenhang hergestellt ist, dass sie *erklärt* sei, und von uns, dass wir sie *begreifen* und *verstehen*. Das Verfahren, welches hiezu führt, wird gewöhnlich sein, dass man versucht, von verschiedenen einfachen, angemessen gewählten Grundvorstellungen aus und auf verschiedenen Wegen bis zu der uns rätselhaften Erscheinung vorzudringen. Es ist dies eben der Weg der *Synthese*, und im allgemeinen der Weg der Entdeckung.

In diesem Sinne also ist ein Erscheinungsgebiet *erklärt*, wenn wir es auf die Wechselwirkung möglichst einfacher Mechanismen zurückgeführt haben, und, wohl bemerkt, wenn wir uns über die Rätsel, welche die Beschaffenheit dieser Mechanismen etwa selbst noch birgt, hinwegsetzen.

Ist letzteres aber nicht unser Fall, sondern wollen wir die Elementarmechanismen selbst verstehen, so kann eine neue Ordnung von Problemen beginnen. Denken wir z. B. nur an das fernwirkende Atom, so wäre die Fernwirkung und die Natur des Fernwirkenden selbst zu ergründen.

Doch an diesem Problem sehen wir alle unsere Anstrengungen scheitern. Jeder Forscher, der nach vollem Genügen rang, versuchte wohl jene an die fruchtbaren Gefilde der

empirischen Naturforschung grenzende Gedankenöde zu durchmessen: verzagend und verzichtend kehrte er zur einfachen Thatsache der Fernwirkung zurück. Für ihre Unbegreiflichkeit zeugt in der That alle darauf seit den längst vergessenen Versuchen der nach-Newton'schen Cartesianer bis auf den heutigen Tag vergeblich verwendete Mühe. Denn diese Misserfolge sind eben sicherlich nicht dem Ungeschick der einzelnen Forscher zuzuschreiben, so dass man meinen könnte, der rechte Mann werde noch kommen, der die Zauberformel findet; vielmehr haben alle, die seit Jahrhunderten an der Denkarbeit sich beteiligt, wenn sie nicht in Selbsttäuschung befangen waren, an den letzten Problemen ihre Kraft versagen sehen. Es gelingt eben nun und nimmermehr, Fernkraft und Masse auf wirklich und endgültig uns befriedigende Vorstellungen zurückzuführen.

Ich glaube den Grund hievon in gewissen Eigenschaften unseres Denkens gefunden zu haben und habe schon vor langen Jahren den psychologischen Zusammenhang der Frage des fernwirkenden Atoms mit der seitdem*) von mir behandelten Frage der mathematischen Grenze erkannt; ja es war das Atom, durch welches ich erst die Grenze verstand. Diese Einsicht wurde mir durch gewisse Betrachtungen über die Natur unserer Begriffe eröffnet, von denen ich bei der Untersuchung der mathematischen Grenze bereits das Nötige angegeben habe.

Wollen wir nun in die Natur der mechanischen Abstractionen ein ebensolches Einsehen gewinnen, so ist es unumgänglich, jene Begriffsunterscheidungen wieder aufzunehmen und sie noch genauer durchzuführen. Denn das Verständ-

*) In meiner »Allgemeinen Funktionentheorie«. Tübingen, H. Laupp'sche Buchhandlung 1882.

nis für die Grundbegriffe der sogenannten exacten Wissenschaften ist, wenigstens allgemein zu reden, aus ihren Lehrgebieten selbst nicht zu entnehmen, sondern hier heisst es, auf grundlegende Eigenschaften unseres Denkens zurückzugehen und zwar in einer durch die Natur der zu erklärenden Begriffe scharf vorgezeichneten Richtung. Daher finden wir auch, soviel mir bekannt, diese Eigenschaften nicht oder doch nicht genügend erörtert in der eigentlichen Wissenschaft des Denkens, der Philosophie, die willkürlich gewählte Wege verfolgt, während die Probleme über die Grundbegriffe der exacten Wissenschaften uns aufgenötigt werden. Jede Wissenschaft muss sich ihre Philosophie selbst schaffen, wie wir dies an dem leuchtenden Beispiel der Geometrie sehen.

Da nach dem Ebengesagten im allgemeinen und fürs erste wohl nur von einer bedingten Erklärung natürlicher Erscheinungsgebiete die Rede sein kann, so ist es nicht bloss eine Frage der correcten Ausdrucksweise, sondern es ermangelt nicht tieferer Bedeutung, wenn wir das Wort »erklären« in dieser Verbindung thunlich vermeiden. Denn es kann sich ja nur darum handeln, das Unerklärliche in seinen kleinsten Raum zurückzudämmen und auf seinen einfachsten Ausdruck zu bringen. Wir dürfen nicht die falsche Vorstellung erwecken, als ob am Ende der Vorstellungskette, welche von der zu erklärenden Erscheinung ausgeht, es nichts Rätselhaftes mehr gäbe, da doch hier das Rätselhafte gleichsam concentrirt ist.

Bekanntlich hat *Kirchhoff* im Vorwort zu seiner Mechanik an die Stelle des Wortes »erklären« das Wort »beschreiben« gesetzt, und dies »Beschreiben« ist Gegenstand mannigfacher Deutungen geworden, die aber unter sich nicht im besten Einklang sind. *Kirchhoff* selbst ist, wenigstens im Druck, nicht wieder auf diesen Punkt zurückgekommen.

Von den hier entwickelten Anschauungen aus müsste man allerdings der *Kirchhoff*schen Ausdrucksweise insofern den Vorzug geben, als sie jener falschen Vorstellung einer vollständigen Erklärung der Erscheinungen keinen Vorschub leistet. Allein sie sagt meines Erachtens denn doch wieder zu wenig. Mit dem Worte »beschreiben« bezeichnet man durchaus nicht das, was die mechanische Forschung thatsächlich und vernünftigerweise von alters her bis auf den heutigen Tag als Ziel sich setzt und wohl auch fernerhin sich setzen wird. Jedenfalls wäre es nur eine höchst gezwungene Anwendung des Wortes. Man beschreibt eine Landschaft, einen Vorgang, d. i. ein räumliches oder zeitliches Nebeneinander von Gegenständen. Aber die Herleitung eines mannigfaltigen Erscheinungsgebietes aus den einfachsten Elementen des Erscheinens ist keine Beschreibung. Hier sagt man, wie mir scheint, zutreffender: die Synthese oder die Construction oder der Aufbau des Erscheinungsgebiets aus einfachsten Mechanismen, und so wollen wir auch in Zukunft uns ausdrücken.

Es besteht noch ein tieferer und, wie ich glaube, ausschlaggebender Grund, den Ausdruck »beschreiben« für unzureichend anzusehen: die Aufstellung des einfachsten Mechanismus, der die Synthese eines Erscheinungsgebietes gestattet, entspringt einem Denkprocess, der uns nicht allein natürlich ist, insofern wir ihm mit Vorliebe folgen, sondern aus dem das Denken geradezu zum wesentlichen Teile besteht, ich meine — der Begriffsbildung. Wie im folgenden ausführlicher gezeigt werden wird, verhält sich in der That z. B. das fernwirkende Atom zu den Erscheinungen der Gravitation ähnlich wie ein Begriff (gewisser Natur allerdings) zu dem Vorstellungsgebiet, von dem er abgezogen ist. Ein Vorstellungsgebiet erzeugt mit Notwendigkeit in der mechanischen Forsch-

ungsrichtung mindestens einen Begriff; und wenn man nun vom Begriff aus, durch Hineintragen geeigneter willkürlicher Elemente, den Weg zurück zum Vorstellungssystem oder richtiger zu jeder besonderen ihm angehörigen Vorstellung zeigt, so kann man dies nicht eine Beschreibung nennen, sondern es ist eine Art Umkehrung der Begriffsbildung, die eben passender Synthese oder Construction genannt wird*).

Bevor wir es versuchen, einen Ueberblick über die zur Construction der Naturerscheinungen bis jetzt hervorgesuchten Mechanismen zu geben, erscheint es nützlich, die vorstehenden allgemeinen Bemerkungen über die Ziele, welche die Naturforschung sich steckt, etwas eingehender und schärfer durchzuführen.

---

*) Dass *Kirchhoff* selbst nichts anderes beabsichtigte, als dem Ausdruck »Erklärung« entgegenzutreten, schliesst der Verfasser aus einer Unterhaltung mit ihm aus der Mitte der 70er Jahre. Es handelte sich um das *Weber*'sche Gesetz, und der Verfasser bemerkte: es sei schade, dass man sich dabei nichts denken könne, worauf *Kirchhoff* erwiderte: das sei ja ganz gleichgültig, wenn es nur gelinge, damit die Erscheinungen »darzustellen«. Dies war sein wörtlicher Ausdruck, und der Verf. ist damit hinsichtlich der mechanischen Forschungsrichtung völlig einverstanden, wie der Text lehrt, nur dass er hier die Frage in der metamechanischen Richtung weiter verfolgt.

II.

Allgemeines über die Ziele der Naturforschung; die drei Richtungen.

Den Anlagen und Veranlassungen der Forscher entsprechend können wir in der Naturforschung drei ausgezeichnete Richtungen unterscheiden, die wir als empirische, mechanische und metamechanische Forschungsrichtung unterscheiden wollen.

Vorauf geht die empirische Forschung, deren Ziel es ist, die Fülle des Erscheinens durch Beobachtung und Versuch zu ordnen und zu vermehren. Man wird bei dieser Richtung nicht bloss an Forscher wie *H. Davy, Volta, Faraday, Lavoisier, Berzelius*, *Kirchhoff* und *Bunsen* u. a. denken, sondern auch *Keppler* gehört im Grunde ihr an, indem er aus den Beobachtungen empirische Gesetze schloss. Zur empirischen Richtung wird die Experimentalphysik und die Chemie, wenigstens zum weitaus grössten Teile zu rechnen sein.

An sie schliesst sich das Streben an, die Erscheinungen durch Zergliederung und durch Vereinigung des Gleichartigen auf möglichst wenige Grundformen, deren Gemeinsames in den sogenannten Naturgesetzen seinen Ausdruck findet, zurückzuführen, und diese Grundformen durch Zusammenwirken von einfachen

Mechanismen oder Constructionselementen nachzubilden, — das Streben also, die Erscheinungen **mechanisch** zu construiren, durch Einwirkung von Massenelementen auf einander, durch Zug, Druck, Stoss, Reibung, vornehmlich aber Fernkräfte aller Art. Diese Richtung wollen wir die **mechanische** nennen.

Zur Kennzeichnung dieser Forschungsrichtung gehört es, dass sie in der Nachbildung der Erscheinungen durch die von ihr benutzten Elementarmechanismen oder Constructionselementen ihr alleiniges Ziel sieht. Wenn sie dazu irgendwelche Elementarapparate benutzt, von denen am bekanntesten das fernwirkende, zur Darstellung z. B. der Gravitation dienende, Atom ist, so will sie nur die Gravitationserscheinungen durch Zusammenwirkung fernwirkender Atome so construiren, wie sie unseren Beobachtungen entsprechen, und verzichtet auf Erforschung der Beschaffenheit des Atoms und der Natur der Fernkraft. Auch ist sie nicht im geringsten scrupulös in der Erfindung von Elementarmechanismen, mögen sie auch gelegentlich abenteuerlich erscheinen (wie *Maxwells* Zwischenpartikel im magnetischen Fluidum) oder aller Vorstellung entrückt (wie die Fernkräfte des *Weber*'schen Gesetzes). Es genügt eben der mechanischen Forschung, wenn die Elementarmechanismen die Erscheinungen »darstellen«.

Hiemit hängt dann zusammen, dass die Wissenschaft in den einzelnen Erscheinungsgebieten mit äusserster Rücksichtslosigkeit gegen die übrigen Erscheinungsgebiete verfährt. Es ist ein durchgehender Zug, dass sie mit jedem ihrer Elementarmechanismen nur ein bestimmtes Erscheinungsgebiet zu construiren trachtet, völlig unbekümmert darum, ob dieser Mechanismus anderweit noch verwertbar ist. Dies geht soweit, dass die Erscheinungen eines Gebietes in ihrem verschiedenartigen Auftreten zuweilen mit verschiedenen Ausgangsvorstell-

ungen in Verbindung gebracht werden, wie denn z. B. der Wärmestoff noch in der Lehre von der Wärmeleitung in Gebrauch ist, während die kinetische Gastheorie ihn in die lebendige Kraft der bewegten Gasteilchen verlegt und die Wärmestrahlung in die des schwingenden Aethers. Wir gehen jedoch auf diese Dinge an späterer Stelle noch genauer ein.

Wenn auch directer Widerspruch (wie z. B. continuirliche Raumausfüllung und chemische Molekel) als Monstrosität anzusehen ist, so ist doch im allgemeinen dies Vorgehen der Wissenschaft ein durchaus richtiges. Denn da die Elementarmechanismen, wenn sie wirklich für die Synthese eines Erscheinungsgebietes genügen, es gleichsam vertreten, so ist mit der Zurückführung auf solche Fictionen eine Vereinfachung des Problematischen verbunden. Die Mannigfaltigkeit des Erscheinens ist durch die viel geringere Mannigfaltigkeit der Elementarmechanismen ersetzt, und es entsteht dann die Aufgabe höherer Ordnung, diese verschiedenen Mechanismen womöglich mit einander in Einklang zu bringen, ihre Wirkung nun ihrerseits noch mehr zusammenzufassen und sie durch noch weniger Mechanismen zu ersetzen. So ersetzt z. B. das *Weber*'sche Gesetz die elektrostatischen, elektrodynamischen und magnetischen Elementarmechanismen durch e i n e n Elementarmechanismus, nämlich das Atomenpaar, welches auf einander wirkt mit vom relativen Bewegungszustande abhängigen Fernkräften.

Aber auch wenn es sich herausstellen würde, dass gar keine Aussicht auf Zurückführung aller Elementarmechanismen auf einander, bezw. auf einen einzigen sie alle vertretenden besteht (entweder weil dies bei dem Entwickelungszustande der Wissenschaft zu irgend einer Zeit mit Notwendigkeit sich ergäbe, oder weil bei fortgesetzter Forschung immer neue Erscheinungen auftauchen werden, die immer neue Elementar-

mechanismen zu ihrer Synthese erheischen werden), und wenn dies wirklich als der absehbare Verlauf der Wissenschaft erschiene, so könnte dieselbe durch eine solche Ueberzeugung doch nicht von der bezeichneten Methode der Forschung abgelenkt werden, da ersichtlich sie allein uns die grösstmögliche Befriedigung gewähren kann, insofern sie, wie oben erwähnt, an den natürlichen Denkvorgang der Begriffsbildung unmittelbar sich anschliesst, oder richtiger — mit ihr eins ist.

Man kann das Ziel der mechanischen Forschungsrichtung als dem der empirischen gewissermassen entgegengesetzt ansehen. Während diese doch im wesentlichen das Gebiet der Erscheinungen auszudehnen sucht, ist jene bemüht, es zusammenzuziehen, indem sie darauf sinnt, die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen auf gegenseitige Einwirkungen gleichartiger Mechanismen zurückzuführen. Es gehört zu ihr alles, was man mathematische oder theoretische Physik nennt. Das Experiment erhält unter der Herrschaft dieser Forschungsrichtung messenden Charakter, und sie ist befriedigt, wenn die Formeln, die der Synthese zum Ausdruck dienen, mit den Messungen und Beobachtungen befriedigend übereinstimmen. Man sagt dann, dass die Beobachtung die Theorie bestätigt.

Zwischen der empirischen und mechanischen Richtung ist es übrigens insofern schwer, eine scharfe Grenze zu ziehen, als beide einander benützen und fördern. Die Empirie bedarf mechanischer Erwägungen, um auf neue Bahnen zu gelangen, und die mechanischen Erklärungsversuche führen auf Fragen, die nur empirisch beantwortet werden können.

Endlich die dritte Forschungsrichtung, die metamechanische, begnügt sich nicht mit dem Grad des Naturbegrei-

fens der zweiten. Sie strebt nach vollem Genügen und wird sich nicht eher am Ziele wissen, bis ihr auf die eine oder die andere Weise Befriedigung wird, indem sie entweder alle Schranken überwindet, oder klar erkennt, dass und wo sie schliesslich vor eine menschlich unübersteigliche Schranke gestellt ist. Sie will ergründen, was Materie sei, wie Materie auf andere Materie wirken könne, wie die Fernkraft Druck und Bewegung erzeuge; sie will die grossen Begriffe von Raum und Zeit verstehen, und was ihr jetzt und bei fortschreitender Wissenschaft eben noch für tiefste Probleme vorgelegt werden mögen. Ihr Gegenstand ist, was man auf deutsch mit Fug *Naturphilosophie* nennen könnte, wenn dieses Wort nicht einen für Deutsche so übeln Klang hätte.

Uebrigens sollen nur Inhalt und Ziel der naturwissenschaftlichen Bestrebungen durch diese drei Richtungen unterschieden werden. Nicht aber vermag man wissenschaftliche Epochen, ja in vielen Fällen nicht einmal wissenschaftliche Untersuchungen nach ihnen zu sondern. Allerdings war, nachdem der scholastische Bann durchbrochen, der erste Ansturm der befreiten Geister sogleich gegen die äussersten Probleme gerichtet; in der weiteren Entwickelung der Wissenschaft jedoch kommen die drei Richtungen regellos zum Vorschein. Höchstens kann man hinzufügen, dass, wie die Jugend keck es mit den tiefsten und allgemeinsten Problemen aufzunehmen pflegt, das reifere Alter aber bei dem Erreichbaren sich bescheidet, auch in der neueren Naturforschung die erfolgreichere empirisch-mechanische Forschung dem Speculiren über das wirkliche Wesen der Dinge entschieden vorgezogen wird. Freilich werden auch heutzutage hin und wieder bedeutende Stimmen gehört, welche uns künden, dass die metamechanischen Probleme ihre alte Anzieh-

ungskraft noch nicht verloren haben, wie es denn auch natürlich ist, dass, nachdem die Wissenschaft ihren Bau ins Ungeheure erweitert hat, sie den Blick seinen Grundlagen wieder zuwendet.

Aehnliche Unterscheidungen lassen wohl sämtliche Wissenschaften zu, keine jedoch in so ausgesprochener Weise, wie die mathematischen, die Geometrie und die Analysis, deren Gegenstand die Mannigfaltigkeit der Grössenbeziehungen ist. Auch in diesen giebt es eine empirische Richtung, die in der Mehrung des Reichtums an Formeln und Sätzen, ohne viel nach deren genauem Gültigkeitsbereich zu fragen, ihr Genügen findet. Der Uneingeweihte ahnt nicht, wie oft hier Beobachtung und Experiment (mit Feder und Papier) zu Entdeckungen geführt hat. — Der mechanischen Forschung in den Naturwissenschaften entspräche in der Mathematik der Trieb, die entdeckten Sätze durch strenge Beweise dem sicheren Besitzstand der Wissenschaft einzureihen, ferner die Mannigfaltigkeit der Grössenbeziehungen möglichst allgemeinen Gesichtspunkten unterzuordnen, kurz die Wissenschaft in dem Masse, wie sie sich ausdehnt, wieder zusammenzuziehen. Diese zweite Richtung setzt, ohne viel darüber zu reflectiren, die Grundbegriffe der Mathematik — in der Geometrie die Begriffe von Raum, Fläche, Linie, Punkt, in der Analysis Grösse, Zahl und Grenze — als befriedigende Ausgangsvorstellungen der Wissenschaft voraus. — Endlich der metamechanischen Richtung steht die schon seit einiger Zeit so sich nennende metamathematische zur Seite, welche nun eben diese Grundbegriffe untersucht.

Abweichend jedoch von der Naturforschung ist in der Mathematik eine historische Folge der drei Richtungen nicht zu ver-

kennen. Freilich hat zu jeder Zeit jede ihre Vertreter gefunden. So konnte es z. B. nicht fehlen, dass nach *Leibnitz'* ungeheurer Erfindung philosophische Erörterungen folgten; doch treten diese nicht in den Vordergrund des mathematischen Interesses. Die Quelle neuer Sätze und Grössenbeziehungen floss zu reichlich, als dass die Wissenschaft an etwas anderes ernstlich denken mochte, denn aus der Fülle zu schöpfen. Erst dieses Jahrhundert begann der zweiten Richtung ein ebenbürtiges Recht auf unsere Pflege einzuräumen. Und in den letzten Jahrzehnten wandte die wissenschaftliche Forschung auch den metamathematischen Problemen sich zu, welche bisher nur Gegenstand laienhafter Anläufe gewesen waren. Solche Untersuchungen galten zuerst den geometrischen Grundbegriffen, Abziehungen ganz besonderer Natur, deren Zurückführung auf die notwendigen erzeugenden Vorstellungen schwierig war, später dem Grenzbegriff und damit Zusammenhängendem, — im Vergleich mit anderen Begriffen philosophisches Wild zu nennen, das aber im ersten Heft meiner *Allgemeinen Functionentheorie*, wie ich glaube, glücklich zur Strecke gebracht ist.

Auf diesen Ueberblick über den Gang der exacten Wissenschaften wollen wir eine kurze Uebersicht über die wichtigsten Elementarmechanismen folgen lassen, deren sie sich zur Construction des Erscheinens bedienen, um sodann zu zeigen, wie auch in diesem viel zusammengesetzten und mannigfaltigen Denkgebiet die in dem erwähnten Werke entwickelten Principien des Erkennens die nützlichsten Aufklärungen spenden, und wie wirkliche, unhebbare Schwierigkeiten oder gar unlösbare Widersprüche nur da bleiben, wo wir es hätten voraussagen können.

III.

Continuirliche und atomistische Raumausfüllung durch die Substanz.

Gehen wir aus von der Substanz, aus der die Körperwelt besteht.

Am nächsten scheint es zu liegen, die Raumerfüllung durch die Substanz sich stetig, ununterbrochen zu denken; denn so zeigen es unsere unmittelbaren Wahrnehmungen an Gasförmigem, Flüssigem, Festem. Wo wir Poren bemerken, sind es von Substanz umgebene Hohlräume. Wir würden uns also die Substanz genau wie den Raum denken, der doch nur eine Abziehung ist von aller Substanz, wie sie der unmittelbaren Wahrnehmung sich darbietet. Kein Mensch, der physikalischen Anschauungen fremd geblieben ist, wird in der Luft einen wirbelnden Schwarm von Körperchen ahnen, im spiegelnden Stahl die *Ampère*'schen Elementarströme, in allem Stoff die chemischen Molekeln.

Was indessen die Anschauung von der stetigen Raumausfüllung gleich im Beginn stört, ist der Gedanke an die Berührung zweier Körper. Denkt man sich zwei verschiedene Substanzen S und S_1 in unmittelbarer Berührung, und bezeichnet die Erstreckungen derselben ins Innere der beiden Körper, gemessen von einem beliebigen Punkte der Berührungsfläche an in normaler Richtung, durch x und x_1, so sind folgende vier

Möglichkeiten vorhanden: Entweder ist $x > o$, $x_1 \geqq o$, oder $x \geqq o$, $x_1 > o$; im ersten Fall würde die Berührungsfläche nur den Stoff S_1, im zweiten Fall nur den Stoff S enthalten. Oder ist $x \geqq o$, $x_1 \geqq o$; dann wären in der Trennungsfläche beide Stoffe vorhanden. Oder endlich ist $x > o$, $x_1 > o$; dann wäre kein Stoff darin. Das eine ist so undenkbar wie das andere. In den beiden ersten Fällen (die bei Trennungslinien in der Analysis zu Grunde gelegt werden) hätte man eine Asymmetrie zur Wahl, die in der Natur sinnlos ist. Man weiss also in der That nicht, wie man sich die Trennungsfläche zu denken hat. Es ist dies durchaus keine Spitzfindigkeit, sondern eine wirkliche Schwierigkeit, wie man um so deutlicher erkennt, je mehr man sich hineindenkt. Man kann ihr den Ausdruck geben: Berührung zwischen zwei Körpern, deren Substanz stetig den Raum ausfüllt, ist unmöglich.

Offenbar liegt der Kern der Schwierigkeit darin, dass die Entfernung der Körper gleich Null gesetzt wird, wodurch genaue Begrenzungen derselben vorausgesetzt werden, und wir werden später den psychologischen Grund dieser und anderer Widersprüche klar erkennen, auf die unsere Verstandesoperationen manchmal stossen.

Damit hängt zusammen, dass man sich auch keine innere Bewegung des absolut homogen und stetig den Raum Ausfüllenden zu denken vermag. Im einfachsten Falle der Bewegung in ebenen parallelen oder in kreiscylindrischen conaxialen Schichten stösst die relative Bewegung der Schichten auf dieselbe Schwierigkeit wie vorhin: dass schon der Begriff Schichten nicht deutlich ist. In dem verwickelten Falle der Hydrodynamik aber, der inneren Bewegung mit Deformation der Flüssigkeitselemente, kommt man bei eingehenderer Prüfung nicht aus ohne (wenn auch noch so kleine) Vo-

lumveränderungen dieser Elemente, und steht dann vor der grössten Schwierigkeit, welche der continuirlichen Raumausfüllung anhaftet: der Undenkbarkeit einer Volumveränderung der Substanz. Wenn sie wirklich absolut continuirlich einen Raum ausfüllt, so scheint es mir ein Widerspruch zu sein, dass sie einen kleineren oder grösseren Raum ebenfalls stetig ausfüllen könne, auch wenn man sie nicht homogen sich denkt. Es liegt in der Vorstellung der Stetigkeit, wie schon bemerkt, eine Art Gleichsetzen mit dem Raume selbst, den wir ja auch nicht in sich beweglich, sondern vollkommen starr uns denken. Also die Zusammendrückbarkeit und Ausdehnbarkeit, Eigenschaften, die wir jeglicher Substanz zuschreiben, stehen in offenbarem Widerspruch mit der stetigen Raumausfüllung.

Die letzte und nicht unerheblichste Schwierigkeit, welche die Vorstellung der stetigen Raumausfüllung mit sich bringt, erwächst uns daraus, dass die Substanzen sich durchdringen, und zwar mit Volumänderungen, welche von der Summe der Volumina der Substanzen beträchtlich abweichen können. Zwei Flüssigkeiten mischen sich so, dass die kleinsten Portionen des Gemisches beide stets im Mischungsverhältnis enthalten, und dabei findet manchmal eine Contraction statt. Bei der chemischen Bindung von Sauerstoff und Wasserstoff entsteht Wasser, welches einen viel kleineren Raum als die Gase einnimmt, u. s. f.

Angesichts solcher Erscheinungen scheint man die doch rein geometrische und höchst unphysikalische Vorstellung der continuirlichen Raumausfüllung fallen lassen zu müssen, auch ohne dass man noch auf die Durchgängigkeit der Substanz für Imponderabilien und vieles andere den Blick lenkt. Die stetige Substanz müsste in sich unbeweglich, undurchdringlich, also auch absolut hart sein. Wir werden weiter unten sehen, was es mit den absoluten Eigenschaften für eine Bewandtnis

hat. Ein nicht absoluter, sondern nur sehr hoher Grad von Stetigkeit wäre eine Aushilfe, die nichts fruchten, vielmehr nur zur Atomistik hinüberleiten könnte, zu welcher wir ohnehin nun unsere Zuflucht nehmen müssen.

Denn alle diese Erwägungen haben zum Ergebnis, dass die Substanz den Raum nicht stetig ausfüllen kann. Man sieht sich gezwungen, die in sich verschiebbare, compressible, mischbare, chemischer Veränderungen fähige, für die Imponderabilien durchgängige Substanz porös anzunehmen, d. i. mit Raum durchsetzt, der von ihr frei ist.

Da sind nun zwei Arten der Porosität möglich: entweder die schwammartige, bei welcher die durch das Ganze in Verbindung stehende Substanz leere Räume einschliesst, — oder die staubartige, bei welcher die verbundenen leeren Räume isolirte Teilchen der Substanz umgeben.

Bei der Frage nach der elementaren Körperzusammensetzung entscheidet man sich für die letztere Vorstellungsweise aus mancherlei Gründen. Zunächst ist zu bemerken, dass man bei der Zerkleinerung solcher aus isolirten Körperteilchen bestehenden Substanz nicht, wie oben als undenkbar bezeichnet, die continuirliche Substanz selbst zu trennen braucht. Ausserdem aber wird man auf die Vorstellung einer staubartigen Zusammensetzung der Substanz durch die mannigfaltigsten Thatsachen hingedrängt. Die Annahme der Imponderabilien in jedem kleinsten Teile des Körperinneren, die durchsichtigen Körper insbesondere, die Ausdehnung der Körper durch Wärme, der Uebergang vom Festen zum Flüssigen und namentlich der Uebergang zum gasförmigen Zustand, bei welchem die kinetische Gastheorie mit den daran sich schliessenden *Crookes'*schen Erscheinungen die staubartige Verteilung fast sinnfällig macht: alles dies und noch vieles andere ruft auf das Un-

widerstehlichste die Vorstellung hervor, nach welcher die Substanz aus räumlich getrennten Substanzteilchen besteht.

Bei dieser staubartigen Synthese der Körper wird sich die Notwendigkeit herausstellen, verschiedene Arten des Staubes vorauszusetzen, worauf wir alsbald zurückkommen. Hier handelt es sich nur noch um die Beschaffenheit der Körner oder, wie ich sie nennen will, Corpuskel des Staubes.

Für die Synthesen, von denen die Rede sein wird, braucht von ihnen kaum mehr vorausgesetzt zu werden, als dass sie Träger der Fernkräfte sind. Auch die Form der Corpuskel wird gleichgültig sein, wenn man sie im Verhältnis zu ihren Dimensionen hinreichend weit von einander entfernt annimmt.

Wenn in den Krystallen durch die Thatsache der Spaltungsflächen die Vorstellungsfolge immer kleinerer von den Spaltungsflächen begrenzter Körperteilchen angeregt wird, die schliesslich zu kleinsten Elementen der Krystallstructur führt, so weist die Chemie darauf hin, dass diese Körperelemente als Constellationen zu denken sind, welche aus den Corpuskeln der chemischen Elemente bestehen und chemische Molekel genannt werden. Die Gestalt solcher Constellationen würde dann an die Stelle der Elementarformen der Krystallstructur treten.

Wenn man nun von den Corpuskeln der Körper annähme, dass sie der uns vertrauten Körpersubstanz gleichen, so wäre allerdings nicht zu bestreiten, dass diese Vorstellung nicht das Ende unseres Denkens bilden könnte. Solange die Corpuskel etwa teilbar und zusammendrückbar sind, und ihnen vielleicht noch andere Eigenschaften zugeschrieben werden, die den Körpern unserer Erscheinungswelt zukommen, werden sie in unserer Vorstellung nur eine Art Station bilden, von der aus die Synthese vieler Erscheinungsgebiete gelingt; sie werden aber nicht aufhören, selbst Gegenstand weiter getriebenen Denkens zu

sein. Hier eben würde die metamechanische Speculation einsetzen und bis an die wirkliche Grenze unseres Denkens vorzudringen trachten.

Einen Schritt können wir aber noch getrost machen, um unseren Elementarmechanismus des Corpuskels für den Gebrauch noch mehr zu vereinfachen. Da wir annehmen, dass die Form der Corpuskel gleichgültig ist wegen ihrer relativ grossen gegenseitigen Entfernung, so bedürfen wir auch keiner körperlichen Vorstellung derselben, sondern können diese durch einen Punkt in ihrem Innern ersetzen, oder, wenn man es lieber so ausdrückt: wir können sie unendlich klein setzen mit den für die gegenseitige Einwirkung erforderlichen Eigenschaften: Kraft und Trägheit. Dies überhebt uns der Frage nach der Substanz der Corpuskel und leistet für die Synthese offenbar dieselben Dienste. Unter dieser Hypothese wollen wir das Corpuskel Atom nennen.

Doch darf nicht vergessen werden, dass wir zwischen Corpuskel und Atom freie Wahl haben. Für unsere synthetischen Zwecke ist es zur Zeit gleichgültig, welche Constructionselemente wir zu Grunde legen. In ferner Zukunft könnten vielleicht Phänomene entdeckt werden, welche unsere Wahl zwischen beiden entscheiden. Bis dahin aber wird es Sache persönlicher Neigung sein, von welchen Grundvorstellungen wir bei Aufbau der Körperwelt ausgehen. Allerdings wird an einer späteren Stelle, welche diese Frage eingehender wiederaufnimmt, dem Atom als Grundvorstellung der Vorzug eingeräumt werden.

Wenn wir vorstehend uns einen ersten Ueberblick über die durch physikalische und chemische Eigenschaften geforderte Beschaffenheit der Constructionselemente der Körper ver-

schafften, dabei ziemlich weit ab von der Ausgangsvorstellung der stetigen Raumerfüllung gelangten, so hindert unser bisheriger Gedankengang uns keineswegs, dass wir im Falle einfacherer Bedürfnisse es nicht auch bei einfacheren Voraussetzungen bewenden lassen dürften. Wenn es sich z. B. nur um die gewöhnliche Statik handelt, so können wir getrost homogen-stetige Körper, Flächen, Linien (Seile etc.) voraussetzen, die auch in der Dynamik meistens genügen. Da es sich in der analytischen Mechanik im allgemeinen nicht um sogenannte physikalische Eigenschaften der Substanz handelt, so kommt man mit ihren geometrischen Formen aus. Man wird daher auch bei der Zerlegung der Körper in kleinste Teile wie mit dem Raum verfahren und so zu Körperelementen und nicht zu Corpuskeln oder Atomen gelangen. Diese Körperelemente spielen in Bezug auf Summation zu Massen genau dieselbe Rolle wie die Raumelemente bei ihrer Summation zu Voluminibus.

IV.

Die Fernkraft.

Indem wir uns zur eingehenderen Betrachtung dessen wenden, was man in der Mechanik und Physik Kraft nennt, können wir von solchen Kräften der Statik füglich absehen, die sich ersetzen lassen durch Zug unausdehnsamer Fäden, an denen Gewichte hängen; in diesen steckt als Schwere eben schliesslich die Fernkraft. Wir werden also unsere Untersuchung auf diese beschränken dürfen. Da die Körper nach dem Gesetz der allgemeinen Gravitation auf einander aus der Ferne wirken, da von elektrisirten und magnetischen Körpern das Gleiche gilt, da auch innerhalb der Körper von Atom zu Atom mit Notwendigkeit Wirkungen vorauszusetzen sind, die ihre Entfernungen bestimmen, die daher ebenfalls *actiones in distans* sind, wenn die Distanz auch noch so gering ist: so entsteht die Aufgabe, uns von der Natur der Fernkraft, soweit erreichbar, eine Vorstellung zu bilden, und dies ist eine für die Erkenntnis höchst folgenreiche Untersuchung. Sie muss mit einer genauen Beschreibung dieser Erscheinung beginnen.

Zuerst beschreiben wir den von den Erscheinungen der Gravitation abgezogenen Begriff der sie erzeugenden Fernkraft nach seinem idealen Inhalt, wie er sich durch und seit *Newton* herausgestaltet hat, und werden ihm sodann andere Fernkräfte beigesellen.

Wir setzen zwei Körper voraus, die wir zwar beliebig gross, aber gegen ihre Entfernung so klein uns denken, dass wir von ihrer Form absehen können und ihre Entfernung gleich der von irgend zwei in ihnen befindlichen Punkten setzen dürfen, wie dies z. B. bei zwei Planeten zutrifft. Die Lage der beiden Körper sei bezogen auf ein festes räumliches Coordinatensystem.

1) Alsdann üben sie in der Richtung ihrer Verbindungslinie eine Wirkung auf einander aus, welche in beiden ein Bestreben erzeugt, sich einander zu nähern. Dieses Streben ist bei einem Körperpaar abhängig nur von der Entfernung der Körper, und zwar proportional deren reciprokem Quadrat. Es ist dieses Streben die sogenannte Schwerkraft.

2) Die Schwerkraft ist bei verschiedenen Körperpaaren abhängig von den Grössen, die man die Massen der Körper nennt, d. h. Grössen, die proportional sind der Anziehung, die ein dritter Körper in einer gegebenen Entfernung auf jeden von ihnen ausübt. Als dritten Körper wählt man gewöhnlich die Erde. Die Kraft ist dem Product dieser Massen proportional, und von der Art und dem Zustande der Substanz der Massen (Temperatur, Aggregatzustand etc.) ganz unabhängig.

3) Durch eine starre Linie verbunden, sonst frei, bleiben die Körper in Ruhe. Sind sie daher ganz frei, so müssen, um sie zu verhindern, dass sie sich Bewegung erteilen, an beiden Gegenkräfte angebracht werden, die gleich gross und gleich der Kraft sind, mit der sie auf einander wirken.

4) Setzen sie sich aber in Bewegung, so erteilen sie sich in jedem Momente Geschwindigkeiten, die ihren Massen umgekehrt proportional und direct der bei der jedesmaligen Entfernung wirkenden Kraft, dagegen von dem Bewegungszustande der Körper ganz unabhängig sind.

5) Von der Kraft gilt noch, dass, wenn man sich beide Körper plötzlich aus dem Nichts in ihre Lagen gebracht denkt, ihre Wirkung ebenso plötzlich beginnt. Mit anderen Worten, wenn man nur einen Körper sich denkt, so ist sein Wirkendes überall im Raum vorhanden, bereit, auf jeden zweiten Körper, den man sich irgendwo hindenkt, bei dessen Auftreten sofort seine Wirkung zu äussern. Daraus folgt dann, dass auch bei bewegten Körpern ihre gegenseitige Einwirkung in der Richtung ihrer Verbindungslinie stattfindet.

6) Die Kraft ist von der Anwesenheit anderer Körper im Raume, welches deren Grösse, Substanz, Lage, Zustand und Bewegung sein möge, ganz unabhängig.

Dies sind die klassischen Eigenschaften, die man wohl ziemlich allgemein der Schwerkraft beilegt; jedoch ist dazu einiges zu bemerken.

Was zunächst die rein statisch-mechanischen Eigenschaften anlangt, die Richtung der Schwerkraft, ihre Abhängigkeit von dem Product der Massen und dem reciproken Quadrat der Entfernung, so folgen sie bekanntlich aus den *Keppler*'schen Gesetzen, und werden weiter vielfach bestätigt durch die Theorie der Trabanten und der Störungen, durch die Erscheinungen der Schwere an der Erdoberfläche, durch den *Clairaut*'schen Satz, die Pendelbeobachtungen, endlich durch Versuche über die Anziehung schwerer Körper auf einander, wie sie *Cavendish* u. a. angestellt haben. Nach dem allen, und manchem, das ich überging, kann man das Gesetz im statischen Falle als hinreichend bestätigt ansehen, so dass man an seiner Strenge zu zweifeln jedenfalls bis jetzt keinen Grund findet.

Etwas anders liegen die Dinge bei der vierten und fünften Eigenschaft, der dauerlosen Fortpflanzung der Schwer-

kraft und ihrer Unabhängigkeit von dem Bewegungszustande der Körper.

Was zuerst die dauerlose Fortpflanzung der Schwerkraft betrifft, so wurde in neuerer Zeit daran so sehr gezweifelt, dass man Versuche vorschlug, um sie zu prüfen. Dem steht aber eine ältere Betrachtung von *Laplace**) gegenüber, in welcher er zu dem Ergebnis gelangt, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraft mindestens hundertmillionenmal so gross sein müsste wie die Lichtgeschwindigkeit, wenn sie astronomisch unmerkbar sein sollte.

Die Unabhängigkeit der Schwerkraft von dem relativen Bewegungszustande der gravitirenden Körper ist in neuerer Zeit ebenfalls von einigen Autoren aufgegeben worden, welche statt des *Newton*'schen Gesetzes ein dem *Weber*'schen ähnliches zu Grunde legten, um die abnorme Bewegung des Mercur-Perihels abzuleiten. Der auf das Product der Massen bezügliche Teil des Schwerkraftgesetzes ist dabei nicht in Frage gestellt. Uebrigens ist diese Theorie noch zu neu, um ein endgültiges Urteil über ihren Belang zu gestatten.

Endlich die sechste Eigenschaft, die Unabhängigkeit der Fernkraft von drittem Vorhandenen, ist ein überaus kühner Gedanke. Wenn man z. B. neben den zwei betrachteten Körpern noch andere Körper sich denkt, die nach demselben Gesetz wie jene, oder nach irgend einem anderen Gesetz auf sie wirken, so können wir, der sechsten Eigenschaft gemäss, diese »accessorischen« Wirkungen von der Einwirkung der zwei Körper auf einander gesondert berechnen, die durch sie nicht beeinflusst wird, sondern ganz und voll zum Austrag kommt. Wie diese Sonderung stattzufinden habe, lehrt die analytische Mechanik, und dass sie das der Natur Entsprechende lehrt, zeigen

*) Schluss des VII. Cap. d. IV. Bds. der Méc. cél.

die mannigfaltigsten Erscheinungen, wiederum die astronomischen Störungen und die Trabantenbewegung, die Veränderung der Schwerkraft an der Erdoberfläche, weiter auch in anderen Erscheinungsgebieten die magnetischen Anziehungen, die elektrische Verteilung auf Leitern u. s. f.

Nachdem wir so die Eigenschaften der uns vertrautesten Kraft in der Natur und die Thatsachen, aus denen sie geschlossen werden, in kurzer Uebersicht aufgeführt, ist es, wie eingangs gesagt, unsere Aufgabe, zu untersuchen, wie weit wir von ihrer Wirkungsweise eine Vorstellung uns bilden können. Doch an dieser Aufgabe sehen wir alle Anstrengungen scheitern. Der Fall liegt schliesslich zu einfach, als dass wir im stillen hoffen könnten, es sei von uns etwas übersehen worden, und der Erfolg werde schliesslich nicht ausbleiben.

Auch ist zu bedenken, dass wir es mit einem Problem zu thun haben, welches die Probe vor den erlesensten Geistern bestanden. Wie es scheint*), hat *Newton* selbst sich mit einer mechanischen Construction der Schwerkraft viel abgemüht, und es ist sehr wahrscheinlich, dass keiner der Denker, die nach ihm die Mechanik förderten, dem Reize widerstanden, an einem solchen Grundproblem seine Kraft zu versuchen. So sind denn auch im Laufe der Zeit zahlreiche und mannigfache Erklärungsversuche der Schwerkraft aufgetaucht, von dem *Descartes-Huyghens*'schen an, welcher der Schwere an der Erdoberfläche galt, bis auf den heutigen Tag.

*) Näheres findet man über diesen Punkt in Hrn. *Isenkrahe*'s: Das Rätsel der Schwerkraft, Cap. I. Wenn ich auch die in dieser Schrift gegebene Uebersicht über mehrere Versuche, die Schwerkraft zu erklären, mit entschiedenem Interesse gelesen habe, so stimme ich doch, wie der Text zeigt, mit manchem Urteile des Verfassers und mit seinen Hauptergebnissen nicht überein.

Bei dergleichen vielumworbenen Grundproblemen, namentlich solchen, die, auf ihre letzten Elemente zurückgeführt, wirklich nicht zusammengesetzter Natur sind, geht man schwerlich fehl, wenn man die Frage aufwirft, ob ihre Ungelöstheit nicht auf Unlösbarkeit beruhe.

In der Mathematik boten sich ähnliche Vorgänge dar. Z. B. gelang die Auflösung der Gleichungen schon früh bis zum vierten Grade. Der fünfte Grad wollte keinem der grossen Mathematiker, durch deren Hände das Problem ging, sich beugen, bis *Abel* erkannte, dass der Grund davon in dem Unvermögen algebraischer Ausdrücke liegt, die Eigenschaften darzustellen, welche einer Wurzel einer Gleichung fünften Grades im allgemeinen zukommen müssten. So wurde die transcendente Natur des Jahrtausende alten Problems der Quadratur des Kreises durch Hrn. *Lindemann*'s scharfsinnige Benutzung *Hermite*'scher Resultate gezeigt. So wurde die Verwirklichung des gleichfalls uralten Traumes eines Perpetuum mobile, der noch heute Opfer fordert, durch die allgemeinen Principien *Daniel Bernoulli*'s, welche einen umfassenderen und höheren Sinn in Hrn. *v. Helmholtz*' Erhaltung der Kraft gefunden haben, als unmöglich erwiesen. Und ich habe hier nur die hervorragendsten Beispiele angeführt, welche aber auch zeigen, worin der wahre Nutzen von dergleichen Unmöglichkeitsbeweisen besteht. Nicht allein nämlich verlegen sie Irrwege, sondern sie führen der Forschung neue Principien zu, ohne welche ja die Unzulänglichkeit der auf Grund bereits bekannter Principien versuchten Lösungen nicht einleuchten würde.

Es ist äusserst wahrscheinlich, dass es mit der Fernkraft eine ähnliche Bewandtnis wie mit den angeführten Beispielen hat, um so mehr, als ein Kennzeichnendes für die Unlösbarkeit eines Problems die schliesslich ganz verzweifelten An-

strengungen der Forschung, die geradezu extravaganten Hilfsmittel sind, zu denen sie ihre Zuflucht nimmt, wohin *Lesage's* Kastenatome und *Zöllner's* durch Lust und Unlust bewegte Atome gehören. Steht es erst so um ein Problem, dann liegt ausreichender Grund zu der Vermutung vor, dass es mit Hilfsmitteln, die unserem gemeinen Verstande angemessen sind, sich nicht werde lösen lassen. So glaube ich denn, dass man die Schwerkraft als etwas menschlich Unfassbares, etwas mechanisch Unbegreifliches ansehen muss, und ich will versuchen, dies zu beweisen. Hier liegt der Nutzen des Unmöglichkeitsbeweises auf denktheoretischem Gebiete, indem er unsere letzten Vorstellungen von den Dingen vereinfacht und festigt. Zwar wäre das nächste Ergebnis des Beweises, dass er zu den berühmten beiden »Ignorabimus« in meines Bruders »Grenzen des Naturerkennens« ein drittes hinzufügt. Dies ist auch zweifellos der Fall. Doch wird sich zeigen, dass in Bezug auf die Grenze selbst noch etwas Besonderes sich ergiebt.

Nun, ein Beweis für die Unbegreiflichkeit der Fernkraft lässt sich nicht wie der einer mathematischen Behauptung erbringen. Der Natur unserer Behauptung nach ist ein Beweis für sie nur casuistisch zu führen, und zwar, wie es genannt wird, per exclusionem. D. h. man muss die Gedankenfolgen, durch die man vernünftigerweise zur mechanischen Construction der Fernkraft zu gelangen versuchen oder auch nur hoffen könnte, ordnen und einer genauen Prüfung unterziehen. Wenn die Möglichkeit, auf diesen Wegen das Ziel zu erreichen, ausgeschlossen ist, so ist es überhaupt unerreichbar.

Es handelt sich also darum, zu zeigen, dass die Vorstellungen der Mechanik nicht im stande sind, zur Construction der Fernkraft zu führen.

Dabei sind jedoch diese Vorstellungen selbst erst zu

prüfen. Denn in der Mechanik spielen althergebrachte Vorstellungsweisen, die man als selbstverständlich hinnimmt, eine grosse Rolle, und es muss vor allem festgestellt werden, ob diese begreiflicher sind, wie die in dieser Wissenschaft gleichfalls unbesehen beständig verwendeten Fernkräfte.

Ich meine die absolut starren und die absolut elastischen Gebilde. Beide sind Grenzen von physikalischen Dingen, Grenzen, die gänzlich ausserhalb unserer Erfahrung und somit unseres Vorstellungsvermögens liegen. Zudem ist die Elasticität, nicht allein die absolute, eine Erscheinung, zu deren Construction wir gerade wieder der Fernkräfte (allerdings der molecularen) bedürfen. Wenn wir also zur Construction der Fernkraft die absolute Starrheit mit oder ohne Elasticität benutzen, so führen wir sie der absoluten Starrheit wegen auf Unvorstellbares, der Elasticität wegen auf Fernkräfte anderer Art zurück, und beides kann uns also nicht befriedigen.

Was insbesondere die absolute Starrheit anlangt, so muss man des Folgenden wegen jedenfalls darüber sich klar werden, wie man den Stoss absolut starrer Körper auffassen will. Denn da wir eine aus der Erfahrung nicht bekannte Eigenschaft, die auch nicht vorstellbar ist, voraussetzen, so können wir ihr schliesslich alles andichten. Das Nächstliegende wäre wohl, der Grenze solche körperlichen Eigenschaften, die der Grenze sehr nahe gedacht werden, beizulegen. Indessen es zeigt sich hier die Schwierigkeit, dass die Grenze von mehreren Seiten her erreicht werden kann. Man kann sich Körper, die auf einander stossen sollen, erst weich und dann immer härter, aber stets sehr wenig elastisch, wie Butter, Blei, etc. denken, aber auch erst weich und dann immer härter, aber immer sehr elastisch, wie Gummi, Elfenbein, etc. Von welcher dieser beiden

Folgen ist nun das absolut Starre die Grenze? Offenbar von welcher es uns beliebt, auch von einer mittleren Reihe beider. Denn, wie gesagt, das absolut Starre ist ja eine Erfindung und existirt nicht, wenigstens nicht menschlich nachweisbar. Hinsichtlich des Stosses gegen absolut Starres ist übrigens daran zu erinnern, dass, wenn man es nicht vollkommen elastisch annimmt, obschon elastisches absolut Starres eine Contradictio in adjecto sein dürfte, diesem Stoss immer ein Verlust an lebendiger Kraft entsprechen müsste, die wirklich verloren wäre, da sie in keiner Umwandlung in den als absolut starr und unveränderlich vorausgesetzten Körpern wieder erscheinen könnte. Wenn wir also zur Construction der Fernkraft ein Starres mit Eigenschaften, die wir ihm vorschreiben, benutzen, und wenn sie damit gelingen sollte, so wäre hiedurch nichts weiter erreicht, als eine Verschiebung des Problems.

Solche Ueberlegungen begründen von vornherein die Ueberzeugung, dass die mechanische Construction der Fernkraft undurchführbar ist. In der That können die auf mechanische Grenzen gegründeten Theorien der Mechanik Vorteil gewähren nur wo sie auch mit beliebiger Annäherung immer auf eine einzige Weise vor der Grenze gelten. Dies wird bei statischen Wirkungen, beim Druck und Zug im allgemeinen stattfinden, obschon sie auch hier des öfteren zu ungenügenden Ergebnissen führen, die dann durch physikalische Betrachtungen richtig zu stellen sind, wobei ich nur an die bekannten Beispiele von vierbeinigen Tischen und der Thür mit zwei Angeln zu erinnern brauche.

Nun könnte man aber doch meinen, es verlohne sich noch der Mühe, mit dergleichen Grenzen eine Construction auszuführen. Wäre das Problem auch nur verschoben, so könnten dadurch neue Angriffspunkte gewonnen und weitere Aussichten

auf seine Lösung eröffnet werden. Es scheint daher nicht überflüssig, eingehender zu prüfen, ob man unter Zugrundelegung der mechanischen Vorstellungen wirklich zu einer im übrigen befriedigenden Construction der Fernkraft gelangen kann.

Zunächst würde es unseren mechanischen Grundanschauungen widersprechen, anzunehmen, dass die Fernkraft durch den leeren Raum sich fortpflanze, da der Raum dann eben nicht leer wäre, sondern dem wirkenden Agens zum Durchgang diente. Daraus folgt zuerst, dass irgend eine substantielle Vermittelung zwischen den auf einander wirkenden Körpern stattfinden muss.

Nun kennt die Mechanik in letzter Instanz nur drei Antriebe zur Bewegung, nämlich den Zug oder Druck einerseits, den Stoss andererseits, sodann Fernkräfte, die eben durch die ersteren zu construiren sind. In der That sind mit diesen dreien die Möglichkeiten erschöpft. Denn es ist nur möglich, dass die Bewegung erzeugende Wirkung durch stetige Berührung, bezw. Verbindung mit dem Bewegten erfolgt (Zug oder Druck), oder durch momentane Berührung (Stoss), oder ohne Berührung (actio in distans).

Zug als Bewegungsursache anlangend, so können wir uns um so kürzer fassen, als dieser, so viel mir bekannt, zu Constructionsversuchen der Fernkraft nicht benutzt worden ist und auch ganz ungeeignet dazu erscheint. In der That, denkt man sich irgend eine stetige Verbindung zwischen den sich anziehenden Körpern, so würden bei mehreren Körpern, die in Bewegung sind, diese Verbindungen sich durchdringen, durch einander hindurchgehen müssen, wie in der Idee geometrische Gebilde sich ungehindert durchsetzen. Dies wäre jedoch bei der vorausgesetzten Stetigkeit der Verbindungen stofflich un-

denkbar. Stetig aber muss man die Verbindungen annehmen, denn wären sie unterbrochen, so könnten sie nur durch Fernkräfte zusammengehalten werden, und damit wären wir nicht weiter. Also, und dies ist zu beachten, falls die Logik des Denkens dennoch auf eine stetige Verbindung der sich anziehenden Stoffteilchen oder mit ihnen gleichwertiger geometrischer Punkte führen sollte, so würde damit kein Anspruch auf eine mechanische Erklärung der Kraft erhoben werden.

Mit dem Versuche, die Fernkraft durch Zug zu ersetzen, erreichen wir also nichts.

Mit dem durch räumlich ununterbrochene Verbindung erzeugten Druck ist es dasselbe. Aus den gleichen Gründen kann auch er nicht zu einer Vorstellung über die Wirkungsart der Fernkraft führen.

Wir kommen zum Stoss als mechanischer Bewegungsursache. Da wir es mit einer Wirkung zu thun haben, die stetige Bewegung oder, wenn diese verhindert ist, Druck oder Zug erzeugt, kann es sich natürlich nur um sehr häufige Stösse geringer Stärke handeln, die also in ihrer Folge einer stetigen Wirkung gleichkommen. Es würden also als auf die Körper, deren gegenseitige Anziehung construirt werden soll, beständig stossend äusserst kleine Körperchen eines im Raume in sich beweglichen Mediums zu denken sein, deren Gesamtwirkung jene Anziehung hervorbrächte.

Hier sind wir denn bei der *matière subtile*, dem berufenen Wirbelstaub angelangt, der seit *Descartes* und *Huyghens* die Phantasie der Physiker beschäftigt, und der vielfach bis in die allgemeine Litteratur gedrungen ist. Um den Gedanken schärfer auszusprechen, so stellt man sich einen sog. Aether vor, dessen Teilchen im Verhältnis zu den noch so klein gedachten Teilchen der Körpersubstanz verschwindend klein sind,

im Leeren hin und her fliegen und an den gröberen Teilchen eben der gravitirenden Körpersubstanz beständig anprallen, auf sie beständig hageln, wie man es ausgedrückt hat, so gleichsam einen ununterbrochenen Druck auf sie ausübend. Doch hat man zwei Arten, diesen Druck zu erzeugen, ersonnen.

Wenn wir zunächst nur die Schwere an der Erdoberfläche als zu construirende Wirkung ins Auge fassen, so bestand die erste Art darin, dass man die Teilchen in mit der Erdoberfläche concentrischen Kugelschalen bewegt sich dachte, in einer solchen aber nach allen Richtungen fliegend. Dann nahm man an, dass die Geschwindigkeit der Aetherteilchen in den verschiedenen Kugelschalen verschieden sei und mit deren Entfernung vom Erdmittelpunkt wachse. Stellt man sich nun eine Kugel in einiger Entfernung von der Erdoberfläche vor, so werden die horizontal gegen ihre obere Hälfte anfliegenden Aetherteilchen einen Druck nach unten und die ihre untere Hälfte treffenden einen Druck nach oben erzeugen. Wenn aber die gegen die obere Halbkugel anprallenden Teilchen grössere Geschwindigkeiten haben, als die gegen die untere Halbkugel anfliegenden, so entsteht ein der Schwere der Kugel gleichgerichteter Druck. Allein dieser Constructionsversuch erweist sich als misslungen, wenn er sich auf die Gravitation bewegter Körper erstrecken soll. Dann ist nicht einzusehen, wie die Körper die Kugelflächen, deren Mittelpunkte sie bleiben sollen, mit sich fortführen können, da die Teilchen des Aethers sich ja im Leeren bewegen und keine Verbindung zwischen ihnen und dem gravitirenden Körper angenommen werden darf.

Dies ist die eine Art der Aetherbewegung. Sie ist senkrecht auf die Anziehungsrichtung gedacht.

Die zweite Art der Aetherbewegung, die man zur Construction der Schwerkraft ersonnen, und die auf *Lesage* zurück-

geführt wird, ist zwar unbeschränkt, doch bei kleinen gravitirenden Körpern, soweit sie zur Wirkung gelangt, ihr nahebei gleichgerichtet.

Wir müssen auf die hier vorausgesetzte Natur der Aetherbewegung näher eingehen. Man denkt sich seine Teilchen nach allen Richtungen hin bewegt — etwa wie die kinetische Gastheorie sich die Gasteilchen bewegt denkt —, doch mit dem Unterschiede, dass von den Stössen der an einander prallenden Teilchen selbst kein Gebrauch gemacht wird, sondern nur von den Endstössen derer, die ungehindert ihre Bahn verfolgen. Demnach vergleicht man auch solchen Aether besser mit einem Gas in Hrn. *Crookes* viertem Aggregatzustande, in welchem sein sogenanntes Bombardement mit Gasteilchen stattfindet. Indem wir die Bewegungsart mathematisch idealisiren, würden auf ein unendlich kleines Element der Oberfläche eines Körpers unausgesetzt von allen Richtungen her Aetheratome treffen, so dass, wenn man von dem Element aus irgend einen Strahl in den Aether hineinerstreckt sich denkt, auf jedem solchen Strahl Teilchen auf Teilchen in kürzesten Zeiträumen folgen würden. Gleichsam in jedem Zeitdifferential kommen längs jedem Strahl Aetheratome auf dem Flächenelement an. Man kann übrigens diese Aetherbewegung in gewissem Sinne auch mit diffusem, von hellen Flächen ausgehendem Licht vergleichen, dem jenes Flächenelement ausgesetzt wäre.

Nun construirt man wie folgt: Man denke sich zwei kugelförmige Massen in einiger Entfernung. Dann wird, wenn die Kugeln nicht gerade vollkommen elastisch zu den Aetherstössen sich verhalten, der zwischen ihnen befindliche Aether anders auf sie wirken, wie der an ihren Aussenflächen vom freien Raum her anlangende. Sind die Kugeln gegen den Aether vollkommen elastisch, so kann an den Innenflächen alles

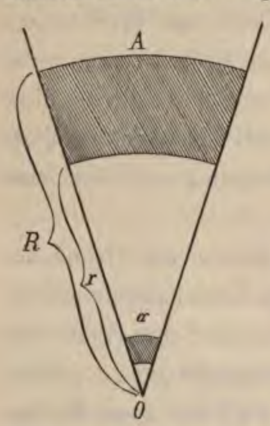
wie an den äusseren sein. Doch sind diese Verhältnisse so zusammengesetzter Natur, dass man nur Vermutungen aussprechen kann. Sind die Kugeloberflächen unvollkommen elastisch oder ganz unelastisch, so wird notwendigerweise an den inneren Halbkugeln ein schwächeres und spärlicheres Anprallen stattfinden, wie an den äusseren, und also eine Art Druck die Kugeln zu nähern streben; ja man findet sogar für seine Abhängigkeit von der Entfernung der Kugeln das *Newton*'sche reciproke Quadrat der Entfernung. Doch das Product der Massen bietet alsdann eine neue und zwar die bei weitem grössere Schwierigkeit, und was man sich ausgedacht hat, um diese zu überwinden, ist so wenig befriedigend, dass *Zöllner* diese Fictionen mit seinen empfindenden Atomen kaum überbieten konnte.

Statt die einzelnen Constructionsversuche auf Grund der zweiten Bewegungsart des Aethers kritisch durchzugehen, möchte es sich empfehlen, dergleichen Synthesen der Schwerkraft von einem allgemeinen und einfachen Gesichtspunkt aus zu prüfen, indem man einen geeigneten besonderen Fall sich aussucht, der in den Stand setzt, ihre möglichen Leistungen mit den Forderungen des *Newton*'schen Gesetzes zu vergleichen, und zwar in Bezug auf seinen ganzen Inhalt, also nicht bloss in Bezug auf das Entfernungsquadrat. Hinsichtlich der Körper darf nur angenommen werden, dass sie einen Teil der gegen sie anfliegenden Aetherteilchen durchlassen, und einen Teil zurückhalten, der dann die Kraft vorstellt.

Zu dem angegebenen Zwecke scheinen wie folgt gewählte Körper sich zu eignen.

Wir denken uns eine Kreiskegelfläche, und darin zwei Körper, die teils von ihr, teils von Kugelflächen begrenzt sind, deren gemeinsamer Mittelpunkt die Spitze des Kegels ist. Der

eine, α, ist äusserst klein und sehr nahe der Kegelspitze gelegen, der andere, A, ist beliebig gross, und liegt zwischen den Kugelflächen mit den Radien r und R, und wir nehmen α so klein, r so gross an, dass wir bei der Bestimmung der Anziehung von A auf α die Entfernung der Punkte in A von denen in α annähernd mit ihren Entfernungen von der Kegelspitze O vertauschen können. Nimmt man die Dichtigkeit der Massen in A und α gleich Eins an, und das Volum von α gleich ν_α, so ist die Anziehung von A auf α nach dem *Newton*'schen Gesetz:



$$\nu_\alpha \,.\, h \pi \sin^2 \Theta (R-r),$$

wo h ein Coëfficient, und Θ die halbe Oeffnung des Kegels. Andererseits lässt sich die von den Aetherstössen auf α ausgeübte Wirkung so zusammenfassen: sie besteht einmal aus den auf die untere Fläche von α ausgeübten Stosswirkungen, wir nennen sie μ, sodann aus den auf die obere Fläche von α stattfindenden Stössen der Aetherteilchen, die der Körper A durchgelassen hat, und solcher, die den Körper A nicht berührt haben. Diese letzeren beiden Wirkungen zusammen bezeichnen wir mit $\mu\,(r, R)$. Man wird also haben:

$$\nu_\alpha \,.\, h \pi \sin^2 \Theta (R-r) = \mu - \mu (r, R).$$

Es sind μ und $\mu\,(r, R)$ positive Grössen. Weiter ist μ vollkommen unabhängig vom Körper A, und abhängig lediglich von den Dimensionen des Körpers α, also ist μ constant in Bezug auf Aenderungen von R. Lassen wir aber R über alle Grenzen wachsen, so muss, da $\nu_\alpha\, h \pi \sin^2 \pi\, (R-r)$ ebenfalls positiv ist, μ über alle Grenzen gross sein,

d. i. es muss unendlich gross sein. Es folgt also, dass die Kraft, welche die Aetherstösse auf ein Flächenelement ausüben, unendlich gross ist. An diesem Ergebnis wird nichts geändert, wenn man noch die Stösse des Aethers in Betracht zieht, der etwa zwischen den Körpern A und α hin und her fliegend angenommen wird, denn sie können an der rechten Seite der Gleichung nur den Subtrahend vergrössern.

Da nun nach der Aetherstosstheorie die ganze auf α ausgeübte Anziehung in dem Teil μ steckt, der notwendiger Weise unendlich ist, so kann daraus eine bestimmte Kraft nicht abgeleitet werden. Welche Hypothesen wir über die Stösse, über die Absorption des Aethers in den Körpern u. s. f. ersinnen mögen, die Kraft bleibt völlig unbestimmt. Denn wenn wir, wie es gewiss notwendig wäre, auch $\mu(r, R)$ unendlich annehmen, so ist der Unterschied $\mu - \mu(r, R)$ doch nicht ein solcher zwischen unendlich werdenden Grössen, der ja als ein bestimmter fortbestehen kann, sondern es ist ein Unterschied zwischen pure unendlichen Grössen, der von vornherein völlig unbestimmt ist und es allezeit bleibt.

Die Bedeutung dieses mathematischen Ergebnisses lässt sich physikalisch so einsehen. Die auf einen Körper von einem anderen ausgeübte Anziehungskraft stellt sich dar als der Unterschied zweier unermesslich grossen Wirkungen, des Aetherstosses auf die dem anziehenden Körper abgewandte und die ihm zugewandte Fläche des angezogenen Körpers. Je grösser nun die von einander abzuziehenden Wirkungen, desto unwahrscheinlicher ist es, dass ihr Unterschied ein fester, überall gleicher sei, weil die physikalisch doch höchst wahrscheinlichen Schwankungen der grossen Wirkungen, wie klein sie im Verhältnis zu ihnen selbst auch sein mögen, ihren Unter-

schied auf das stärkste beeinflussen und schwankend machen würden. Wenn nun die Wirkungen, deren Unterschied die Schwerkraft sein soll, so gross sein müssten, wie die Dimensionen des Raumes — und es ist nicht der geringste Grund vorhanden, anzunehmen, dass sie kleiner seien —, so bleibt die Kraft völlig unbestimmt*).

Weiter hat man Wellenbewegungen des Aethers herangezogen. Da diese aber nur durch Fernkräfte im Inneren des Aethers zu stande kommen können, so würden sie im günstigsten Falle das Problem ebenfalls nur verschieben. Endlich Rotationen der Aetherteilchen könnten an den obigen Schlüssen auch nichts ändern.

Schliesslich ist noch zu betonen, dass wir hier zunächst

*) Man könnte noch auf den Standpunkt sich zurückzuziehen versuchen, dass das *Newton*'sche Gesetz nur annähernd gültig sei, und dass μ nur gross, aber nicht unendlich gross angenommen zu werden braucht. Dies liefe darauf hinaus, dass in $\nu \alpha h \pi \sin^2 \Theta (R-r) = \mu - \mu (r, R)$ die Grösse R nicht unendlich werden darf, d. i. also, dass die Schwerkraft über gewisse endliche Entfernungen hinaus erlischt. Misslich wäre es jedenfalls, zu Gunsten einer Construction, die uns, wie genügend erörtert, wegen der von ihr benutzten Hilfsmittel nie wirklich würde befriedigen können, die vielmehr das Problem nur verschöbe, so gewagte Voraussetzungen über eine Kraft zu machen, welche die unseren Beobachtungen zugänglichen Himmelsfernen beherrscht. Auch unterliegt der höchste Wert, den man R geben will, um ein ganz bestimmtes μ zu erhalten, den schwersten Bedenken. Am einfachsten wäre es noch, irgend ein festes μ nach Willkür zu Grunde zu legen. Im allgemeinen Falle gelangt man alsdann zu einem von dem *Newton*'schen Gesetz abweichenden Ausdruck, der zwar durch im Princip nicht notwendige Näherungen zu einer Kraft führt, die dem *Newton*'schen Gesetz entspricht, gerät aber dafür in andere Schwierigkeiten, mit denen alle in der angegebenen Weise angestrengten Versuche, die Schwerkraft annähernd darzustellen, fallen. — Näheres hierüber findet man in des Verfassers Aufsatz: »Ueber die Unbegreiflichkeit der Fernkraft,« in der »Naturwissenschaftl. Rundschau,« III. Jahrg. No. 14.

nur die typische *Newton*'sche Fernkraft, wie sie eingangs beschrieben wurde, in den Bereich unserer Betrachtungen gezogen haben. Aber auch wenn wir den Begriff der Fernkraft durch Einführung irgend welcher anderer Hypothesen erweitern (wie es in der That schon in mannigfacher Weise zur Construction der verschiedensten Erscheinungsformen geschehen ist, vergl. S. 49), so sind wir in Bezug auf die mechanische Begreiflichkeit einer solchen Kraftart nicht besser daran, als bei der Schwerkraft. Denn das Unfassbare ist eben die allen diesen Kraftarten gemeinsame actio in distans.

Ueberschlagen wir nach allen diesen Ausführungen, was eine mechanische Construction der Fernkraft wirklich leisten könnte.

Wenn wir unelastischen oder nicht vollkommen elastischen Stoss benutzen, so wird dies dem Physiker wider den Mann gehen. Wir müssten ohne Gnade einen beständigen Verlust an lebendiger Kraft unter die Hypothesen aufnehmen, falls wir nicht vorzögen, das Ungereimte vorauszusetzen, dass durch die blosse Schwere beständige moleculare Veränderungen in den Körpern vor sich gingen, die aber, trotzdem sie von Erschaffung der Welt an bis jetzt dauerten, die Körper nicht zerstört hätten, auch an so alten Gebilden, wie Bergkrystall und Diamant durch keine Spuren sich verrieten.

Suchen wir aber mit dem vollkommen elastischen Stoss uns zu helfen, wobei uns wohl die Analogie der kinetischen Gastheorie zur Seite stünde, so verwickeln wir uns erstens in die Schwierigkeit, dass mit ihm vermutlich die gewünschte Construction überhaupt unmöglich ist, dass gar keine Kraft herauskommt, zweitens aber, falls dennoch eine Construction gelingen sollte, dass der elastische Stoss selbst zu construiren wäre, und dies nur durch Fernkräfte gelingen könnte.

Es folgt also überhaupt: Im *günstigsten Falle, der aber, wie nachgewiesen, nie eintreten wird, könnte die Construction der Fernkraft nur durch Zurückführung auf andere Fernkräfte gelingen.* Wenn solche Zurückführung nun auch deshalb keineswegs ohne Belang sein würde, weil die construirenden Fernkräfte fortan lediglich sogenannte Molecularkräfte wären, und dadurch eine wesentliche Vereinfachung in unseren Grundanschauungen entstünde, — das eigentliche Problem, die Natur der Fernkraft überhaupt zu ergründen, bliebe auf dem alten Fleck.

Damit möchten wir denn an der Grenze unseres Witzes angelangt sein. Wie wir das eherne Problem auch angreifen mögen, es lässt sich nichts davon abbröckeln. Das Seltsamste aber ist, dass, wenn wir die unvorstellbaren idealistischen Vorstellungsgrenzen, wie »absolut hart, elastisch« u. s. f., uns auch gefallen lassen wollen, wir dann immer noch nicht im stande sind, die Schwerkraft einigermassen befriedigend mechanisch zu construiren.

Es unterliegt nach dem Gesagten keinem Zweifel, dass es schlechterdings unmöglich ist, die Fernkraft auf unsere mechanischen Vorstellungen zurückzuführen.

Mit dieser Erkenntnis ist aber viel gewonnen.

Denn nun erhebt sich vor uns das weitere Problem: Welcher Eigentümlichkeit, oder gar welchem Defect, welcher Unzulänglichkeit unseres Denkens entspringt dieses Unvermögen, die Fernkraft zu begreifen? Oder ist hier die Unbegreiflichkeit selbst unbegreiflich?

Allein dieses Problem gehört nicht der Mechanik an, sondern der *Erkenntnislehre.*

In der *Mechanik der physikalischen Erschei-*

nungen können wir uns freier bewegen. Wir brauchen nicht ängstlich zu prüfen, ob ein Mechanismus, den wir der Synthese eines Erscheinungsgebietes zu Grunde legen wollen, bis in seine letzten Bestandteile vorstellbar ist oder die Hoffnung offen lässt, es einmal zu werden; es genügt, wenn mit ihm die Synthese gelingt. Der Elementarmechanismus, mit welchem ein Erscheinungsgebiet construirt wird, vertritt das Gebiet in allen seinen Teilen und nimmt dessen Dunkelheiten in sich auf. Wenn er so beschaffen ist wie das fernwirkende Körperelement, welches wir nicht weiter zergliedern können, so werden wir uns nicht mehr mit Grübeln über die letzten »Gründe« quälen, denn wir wären dann eben zu den letzten für uns vorhandenen Gründen vorgedrungen, wie wir uns nun bei der Thatsache der Fernkraft beruhigen, freilich auch beruhigen müssen.

Zwar kann man die Forscher in der mechanischen Richtung der exacten Wissenschaften im allgemeinen keiner übertriebenen Aengstlichkeit in der Wahl ihrer Elementarmechanismen zeihen. Allein es verdient hervorgehoben zu werden, dass von den Kraftarten, welche man bereits benützt hat oder noch benützen könnte, die einen nicht unbegreiflicher wie die andern sind, da das eigentlich Unfassbare in ihnen immer die actio in distans selbst bleibt.

Fragt man, wovon eine Fernkraft zwischen zwei Körpern, deren eigene Natur ausser Spiel bleiben möge, überhaupt abhängen könne, so bietet sich folgende Uebersicht von Elementen, die in den Ausdruck der Fernkraft eintreten können, dar:

1) Die relative Entfernung, wobei zu unterscheiden sind: Kräfte, die in gewöhnlichen Entfernungen wirksam sind, und solche, die nur in sehr kleinen Entfernungen merklich wirken.

2) Die relative Bewegung, d. i. die Geschwindigkeit, Beschleunigung etc., mit der die relative Entfernung sich ändert.

3) Die absolute Lage und Bewegung, d. i. die Lage, Geschwindigkeit etc. in Bezug auf ein festes Coordinatensystem.

4) Die Gestalt der wirkenden Körper; z. B. wenn es Linienstücke sind, so kann deren Lage gegen die Verbindungslinie und gegen einander, oder auch ihre absolute Lage im Ausdruck der Kraft auftreten. Es kann aber auch irgend eine andere Gestalt der Körper als bestimmend auf die Kraft vorausgesetzt werden.

5) Die Kraft kann Zeit gebrauchen, um vom einen zum andern Körper zu gelangen.

6) Sie kann, wenn die Körper bewegt sind, von der von ihnen durchlaufenen Bahn irgendwie abhängen.

7) Die Kraft kann endlich auf mannigfaltige Weise durch dritte Körper und durch Medien beeinflusst werden.

Dies ist zwar ein stattliches Arsenal von Elementarmechanismen, doch findet sich unter den genannten weiteren Voraussetzungen über die Fernkraft kaum eine, die nicht schon zur Construction irgend welcher Erscheinungsformen herangezogen worden wäre. Am meisten gelangte die zweite, die Abhängigkeit der Fernkraft von der relativen Bewegung, zur Verwendung, seit *W. Weber* die Kühnheit hatte, sein elektrisches Grundgesetz aufzustellen. Aber auch die dritte Annahme wurde schon gemacht (von *Clausius*). Ein Beispiel für die vierte sind *Ampère*'s Stromelemente. Die siebente Annahme muss vielleicht den chemischen Erscheinungen zu Grunde gelegt werden. — Wir werden hierüber im folgenden Abschnitt eingehender sprechen.

Wenn nun der so erweiterte Begriff der Fernkraft auch vielfach bei der Construction von Erscheinungen verwickelterer Natur vortreffliche Dienste leisten kann, so wird doch der

ursprüngliche und gewöhnliche Begriff, wie wir ihn oben (S. 31) in den sechs Eigenschaften der Schwerkraft zusammenfassten, uns stets am nächsten liegen. Wir könnten dabei das Gesetz der Abhängigkeit der Kraft von der Entfernung willkürlich lassen, um es unseren jeweiligen synthetischen Zielen entsprechend zu bestimmen. Zu Fernkräften zusammengesetzter Natur würden wir unsere Zuflucht nur nehmen, wenn uns eine Construction mit den gewöhnlichen keine Aussicht zu haben schiene. Auch würden wir es wohl immer freudig begrüssen, wenn die zusammengesetzte Fernkraft auf die gewöhnliche irgendwie sich zurückführen liesse. Ob dies nun in unserer wissenschaftlichen Erziehung liegt, weil uns die zusammengesetzten Fernkräfte noch neu sind, während wir schon als Kinder mit der allgemeinen Gravitation bekannt gemacht wurden, oder ob es eine Ahnung ist, dass die zusammengesetzten Fernkräfte doch schliesslich auf gewöhnliche zurückführbar sein werden, wer kann es sagen?

Nach dem, was wir oben über die Auflösung der Substanz in Körperteilchen, Corpuskel oder Atome ausführten, werden wir für die mechanisch-physikalische Synthese die Kraft an eine dieser Fictionen gebunden voraussetzen. Wir werden, ohne die Allgemeinheit einzuschränken, wenn nicht besonders gestaltete Körperteilchen oder Corpuskel für die Synthese nötig sind, am bequemsten die Wirkung von einem Punkt des von seinen Nachbarteilchen im Verhältnis zu seiner Grösse sehr entfernt gedachten Teilchens ausgehend uns denken, d. i. wir werden *dimensionslose Atome*, zwischen denen Fernkräfte irgend welcher Art wirksam sind, zur Synthese benützen. Dies ist der, wenigstens für die physikalischen Erscheinungen, wesentlichste, bisher zur Verwendung gelangte Elementarmechanismus. Die Kräfte, wenn nichts Besonderes über sie vorausgesetzt wird, und namentlich die zwischen

den Atomen nur in gewisser Nähe wirksamen sogenannten Molecularkräfte stellen wir uns vor als in der Richtung der Verbindungslinie mit nur von der Entfernung abhängiger Stärke wirkend.

Aber damit sind die Eigenschaften, mit denen wir unser Atom ausrüsten müssen, noch nicht erschöpft. Es muss noch Beharrungsvermögen besitzen. Dieses kommt nun allerdings nach den uns geläufigen Vorstellungen nur der Masse zu oder ihren Teilchen, diese hinreichend klein, aber doch immer als Massen gedacht. Indessen steht nichts im Wege, dass wir sämtliche Beharrungseigenschaften der beliebig kleinen Massen auch an Punkte in ihnen knüpfen. Es wird mechanisch dadurch nichts geändert. Damit ist aber die Ausrüstung unseres Atoms für seine mechanisch-physikalischen Zwecke, so weit es ausreichen kann, vollendet. Das fernwirkende, mit Beharrungsvermögen ausgestattete, frei bewegliche Wirkungscentrum oder Atom ist der einfachste Mechanismus, den wir der Synthese zu Grunde legen können, und wir nennen ihn kurz das fernwirkende Atom.

Für unsere Erörterungen im Gebiete der Erkenntnislehre würde das im obigen zur Entwickelung des Begriffs des fernwirkenden Atoms Beigebrachte wohl genügen. Allein es ist nicht überflüssig, in gedrängter Uebersicht zu zeigen, wie es in den wichtigsten physikalischen Disciplinen zur Synthese seine Verwendung findet. Es kommt dabei doch noch einiges zur Sprache, das zur Erläuterung und Ausführung des Vorstehenden dienlich sein kann.

V.

Einzelne Synthesen.

Aus dem fernwirkenden Atom sind zahllose andere Elementarmechanismen abgeleitet worden, die zur Synthese verschiedener Erscheinungsbereiche verwendet werden.

Bei der Construction rein mechanischer Erscheinungen, d. i. solcher der Ruhe und Bewegung von Massenpunkten, von unausdehnsamen Linien und Flächen, von starren Körpern in allen erdenklichen Beziehungen zu einander, ferner auch bei der Construction der hydrodynamischen Bewegungen, wird zwar vielfach von der Fernkraft Gebrauch gemacht, weniger jedoch unter Zugrundelegung wirklicher Elementarmechanismen, als indem man die Begriffe der Unausdehnbarkeit, Starrheit, u. s. f. für die Einführung in die Rechnung geeignet definirt. Man begnügt sich also mit Körperelementen oder »Corpuskeln« (s. S. 27), obschon eine völlig befriedigende Construction der Erscheinungen, namentlich der hydrodynamischen, vielleicht auch das Verständnis des *D'Alembert*'schen Princips, das Zurückgehen auf Elementarmechanismen erheischen dürfte.

Auch die Lehre von der Elasticität des Festen, soweit sie sich auf die vollkommene Elasticität beschränkt und die Nachwirkung, sowie thermische Verhältnisse ausschliesst, kommt zur Not mit den Körperelementen aus, wiewohl sich hier bereits

mehrfache Veranlassungen finden, die Synthese der Körper aus Elementarmechanismen zu Grunde zu legen, wie z. B. in der Theorie des Moleculardruckes.

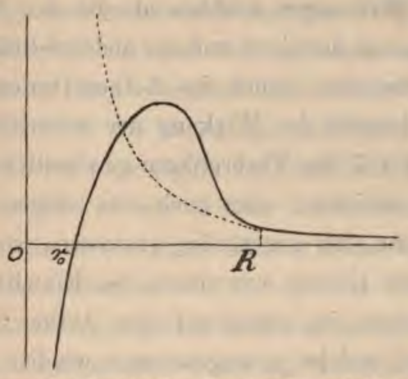
Geht man aber weiter und versucht die Veränderung der Beschaffenheit der Substanz nach Aggregatzuständen, die an das kurz erörterte Gebiet der rein mechanischen Erscheinungen sich anschliesst, ferner die Elasticität im allgemeinen, die Capillarität, und überhaupt alles, was man Molecularphysik zu nennen pflegt, zu construiren, so werden Elementarmechanismen nach Art fernwirkender Atome unentbehrlich. Doch genügen sie nicht mehr in so einfacher Zusammensetzung wie bei den Erscheinungen der Gravitation. Es muss vielmehr zu der *Newton*'schen Fernkraft, die ja aller Substanz zukommt, noch eine andere Art von Fernwirkungen hinzutreten, die nur in nächster Nähe wirksam sind, und die man Molecularkräfte nennt. Die Annahme solcher Kräfte ist unbedingt nötig, da man z. B. bei den Erscheinungen der Capillarität den strengen Beweis führen kann, dass die *Newton*'sche Anziehung der Materie zu ihrer Synthese nicht ausreicht.

Um zunächst den Widerstand der Körper gegen Zusammendrückung und Ausdehnung nachzubilden, reicht es aus, Atome mit Fernkräften ausgerüstet anzunehmen, die wie folgt beschaffen sind: Unterhalb einer gewissen kleinen Entfernung r_0 stossen sie einander ab, in grösserer Entfernung ziehen sie einander an. Die Abstossung, wenn man die Entfernung der Atome kleiner als r_0 sein lässt, nimmt mit abnehmender Entfernung ins Unbegrenzte zu; die Anziehung, wenn man die Entfernung von r_0 an wachsen lässt, nimmt zuerst ebenfalls zu, um sodann wieder abzunehmen und von einer noch hinreichend kleinen Grösse R an in die zwischen den Atomen

wirkende Schwerkraft überzugehen. Diese Grösse R ist das, was man den Halbmesser der Molecularwirkungssphäre nennt*).

Mit solchen fernwirkenden Atomen wird aber z. B. die Synthese der krystallinischen Structur des Festen nie gelingen. Zudem bieten sie keine andere Möglichkeit, Festes und Flüssiges zu unterscheiden, als die grössere oder geringere Stärke der Anziehung, welche bei wachsender Entfernung auf die Abstossung folgt. Namentlich aber genügen sie nicht, um die Veränderung der Aggregatzustände zu construiren, da noch keine Veränderung ihrer Wirkung vorgesehen ist. Nun würde man zu diesem Zweck annehmen können, dass die Inten-

*) In Coordinaten kann solches Wirkungsgesetz wie folgt vorgestellt werden (s. Fig.): Die Ordinaten der punktirten Linie, welche bei R in die ausgezogene übergeht, stellen das *Newton*'sche Gesetz $\frac{c}{r^2}$ vor, die



der ausgezogenen — das Gesetz der Fernkraft, welche das zu beschreibende, im Punkt $r = o$ befindliche Atom auf seinesgleichen in der Entfernung r ausübt. Aehnliche Gesetze können leicht analytisch dargestellt werden. Zwei, drei oder vier solcher Atome, frei beweglich im Raum gedacht, werden sich in die gegenseitigen Entfernungen r_0 begeben. Gruppen von mehr von ihnen werden kleinere Entfernungen annehmen, in denen sie eine möglichst stabile Lagerung aufsuchen.

sität ihrer Fernkraft und der Ort r_0, an dem sie Null ist, von der Temperatur abhängt, und hätte so allerdings noch ein umfangreiches Feld weiterer synthetischer Versuche vor sich. Indessen ist doch schon längst angestrebt worden, jene eigentümliche Annahme über die von dem Atom ausgeübte Kraft aus anderen Grundvorstellungen zu erhalten, in welchen die Temperaturveränderung gleich mit zur Darstellung kommt, und welche die Synthesen auch anderer Erscheinungsgebiete gestatten würden.

So ist die Grundvorstellung mindestens zweier im Raum vorhandenen verschiedenen Arten von Substanz entstanden: der materiellen Substanz und des Aethers, auf deren gleichzeitiges Vorhandensein die Erscheinungen ja mindestens hinweisen. Beide Substanzen mögen vor allen Dingen dadurch sich unterscheiden, dass die Atome der materiellen Substanz ein viel grösseres Beharrungsvermögen besitzen und unermesslich viel stärkere Wirkungen ausüben als die des Aethers. Zwischen den Atomen der einen und der anderen Substanz herrsche Anziehung, zwischen denen des Aethers unter sich herrsche Abstossung; betreffs der Wirkung der materiellen Atome auf einander wird von den Theoretikern gewöhnlich angenommen, dass sie sich anziehen, aber auch von einigen, dass sie wie die Aetheratome sich gegenseitig abstossen, so dass die Anziehung zweier Körper nur durch die Einwirkung der materiellen Substanz im einen auf den Aether im andern zu Stande kommt, welche so angenommen werden muss, dass sie die Abstossung der materiellen Teilchen und der Aetherteilchen zwischen beiden Körpern überwiegt.

Damit ergiebt sich folgender Elementarmechanismus: Das materielle Atom verdichtet um sich eine Aether-Atmosphäre oder -Hülle, mit welcher vereinigt es gleichsam einen Körper

bildet. Die Menge des von ihm um sich verdichteten Aethers wird aber von der Menge des überhaupt vorhandenen Aethers abhängen, und bei geeigneter Annahme über die Kräfte wird zu bewirken sein, dass, je mehr Aether vorhanden, desto dichter und umfangreicher die angezogene Aetheratmosphäre ist. Der neue, zusammengesetzte Elementarmechanismus ist also: das materielle Atom mit seiner Aetherhülle. Die Aetherhüllen stossen sich gegenseitig ab, die materiellen Atome, wenn man will, ebenfalls; dagegen ziehen die Aetherhüllen und die materiellen Atome sich gegenseitig an. Unveränderlich bleibt dabei das materielle Atom, während die von dem materiellen Atom gebundene Aethermenge von der überhaupt vorhandenen Aethermenge abhängt, so dass mit der Zuführung von Aether die Abstossung wachsend gedacht werden kann.

Dies war, als noch die Stoffhypothese der Wärme herrschte, die Vorstellung, welche man sich von den Vorgängen machte, und sie versprach, wie man sich gestehen muss, eine sehr gute Synthese. Denn verstand man unter dem hier eingeführten Aether — die Annahme noch sonst vorhandener anderer Aetherarten oder sogen. Imponderabilien unbenommen — den Wärmestoff: so war es sehr leicht, die Zunahme der Abstossung dieser neuen atomistischen Elementarmechanismen mit ihren Aetherhüllen bei Zuführung von Wärmestoff darzustellen und so die Aggregatzustände wenigstens im allgemeinen nachzuahmen. Ja sogar die Darstellung besonderer Gesetze, wie des *Mariotte*'schen und auch des *Gay-Lussac*'schen, bedurfte keiner besonderen Festsetzung über die Fernkräfte der beiden Substanzen. Selbst in das tiefe Dunkel der chemischen Vorgänge versprach diese Theorie einiges Licht zu tragen. Denn es war denkbar, dass sich zunächst zwei Atome mit ihren Aetheratmosphären

zu einem Doppelatom mit einer gemeinsamen Aetheratmosphäre vereinigen konnten, ebenso deren mehrere zu einer Constellation, die dann ein chemisches Molecül nachbilden würde, — wenn auch damit die Nachahmung der eigentümlichen chemischen Kräfte schwerlich je gelungen wäre.

Wir wollen diese ältere Wärmetheorie, oder richtiger — die Construction der Aggregatzustände und der Wärmeausdehnung mit Hilfe der ätherumhüllten materiellen Atome die statische Molecularhypothese nennen.

Inzwischen hat jedoch die mechanische Wärmetheorie den Wärmestoff aus den Vorstellungen der Physiker wohl endgiltig verdrängt, und zwar mit vollem Recht, trotzdem vieles durch die älteren Mechanismen sich construiren liess, wofür die mechanische Wärmetheorie bis jetzt kein Mittel darbietet. So soll auch nicht bemängelt werden, dass die Lehre von der Wärmeleitung noch immer vom Standpunkt des Wärmestoffs behandelt wird. Denn das Wärmeleitungsgesetz von *Fourier* ist eine so allgemeine Eigenschaft der Massenbewegung, dass es nicht allein noch, wie Hr. *A. Fick* gezeigt hat, die Diffusion, sondern überhaupt die auf Grund molecularer Kräfte sich verbreitenden Zustände beherrscht.

Eigentlich musste die reine Stoffhypothese der Wärme schon ungenügend erscheinen, sobald man die strahlende Wärme ähnlich wie das Licht aus Schwingungen des Lichtäthers bestehen liess. Doch hat man, wie bemerkt, stets das Princip verfolgt, ein Erscheinungsgebiet ohne Rücksicht auf das andere zu construiren, und so war die Stoffhypothese für die Aggregatzustände und die Leitung geeignet, die Aetherschwingungen waren es für die Wärmestrahlung.

An diese Lehre von der Wärmestrahlung lässt auch die der mechanischen Wärmetheorie und der thermischen Physik

der Gase und Dämpfe im allgemeinen so gut sich anpassende, von *Daniel Bernoulli* und *Krönig* herrührende kinetische Theorie bis jetzt noch keinen Anschluss zu; wenigstens scheint ein solcher Anschluss eine Vervollständigung des Elementarmechanismus im Sinne der statischen Molecularhypothese notwendig zu machen. Doch hindert uns dies nicht, die kinetische Gastheorie schon heute einer beobachteten Thatsache beinahe gleichzustellen.

Wir wollen diese neuere Vorstellungsweise im Gegensatz zur älteren die kinetische Moleculartheorie nennen. Ihre Elementarmechanismen sind die nach allen Richtungen hin und her sich bewegenden Gasteilchen, die sich so lange fortbewegen, bis sie die Wand des Gefässes, in welchem das Gas eingeschlossen ist, erreichen oder auf ein anderes Teilchen stossen. Von beiden prallen sie ab ohne Geschwindigkeitsverlust oder Verlust an lebendiger Kraft. Man muss jeglichen Verlust an lebendiger Kraft ausschliessen, sowohl beim Stoss der Teilchen, als bei ihrer Fortbewegung, sonst würden sie einmal zur Ruhe kommen und sich entweder am Boden des Gefässes ansammeln oder auch vermöge ihrer gegenseitigen Abstossung ein statisches Gas ohne Wärme bilden. Aber wo wäre dann die Wärme geblieben? Nach der Theorie geht die durch Stoss oder Reibung vernichtete lebendige Kraft in Wärme über, diese verwandelt im Gas sich in lebendige Kraft der Fortbewegung seiner Teilchen zurück. Wir stehen hier also vor einem logischen Cirkel, den wir nur durch die Annahme vollkommener Elasticität beim Stoss der Gasteilchen und Reibungslosigkeit bei ihrer Bewegung durch einander rectificiren können, so dass wir auf diese Weise allerdings zu absoluten Eigenschaften geführt werden. Die zwischen sich selbst und den Wänden schwingenden und wirbelnden Gas-

teilchen der kinetischen Moleculartheorie bedürfen also zunächst keiner Eigenschaft als der vollkommenen Elasticität, und genügen bereits so, um mannigfache Thatsachen und Gesetze ungezwungener wie die statische Molecularhypothese zu construiren. Auch schliesst sich diese Vorstellungsweise an *Crookes'* vierten Aggregatzustand der fliegenden Gasmolekel in Bezug auf diese Erscheinung selbst sehr gut an, wenn auch die Mechanik des Stosses der *Crookes*'schen Molekel noch nicht unseren gewöhnlichen mechanischen Vorstellungen entspricht.

Gleichwohl dürfen wir nicht stehen bleiben bei diesen Erfolgen. Andere Erscheinungen, z. B. die des Uebergangs der strahlenden Wärme in Erwärmung und umgekehrt, construirt die kinetische Gastheorie ungenügend oder gar nicht, und in Bezug auf den Wechsel der Aggregatzustände und vieles andere lässt sie uns ganz im Stich, wo die statische Moleculartheorie anpassungsfähiger erscheint. Es liegt daher die Vermutung nahe, dass in diesem umfangreichen, doch wohl abgegrenzten Gebiet von Erscheinungen eine geeignete Verbindung beider Moleculartheorien einige Aussicht auf dereinstige allgemeine Synthese eröffnen könnte *).

Wollten wir diese Musterung mit einiger Vollständigkeit fortsetzen, so würde der Raum, den sie in dieser Schrift beanspruchen kann, weit überschritten werden. So mannigfaltige synthetische Versuche hat die mechanische Forschung

*) Der Verf. bemerkt, er werde in einem Anhang näher ausführen, wie er sich diese Verbindung als möglich vorstelle, wobei er von einer genauen analytischen Behandlung vorläufig Abstand nehme, teils noch unerledigter mathematischer Schwierigkeiten wegen, teils weil gewisse Folgerungen, die er aus seiner Theorie gezogen, der Prüfung durch das Experiment fähig zu sein scheinen. Ein solcher Anhang hat sich im Nachlass des Verf. leider nicht vorgefunden. (Anm. des Herausg.)

in jeder empirischen Richtung bereits gemacht. Doch scheint mir eine eingehendere Zusammenstellung der Constructionselemente physikalischer Erscheinungen nach dem hier befolgten Plane soviel Anregendes zu bieten, dass ich wohl gerne bei Gelegenheit darauf zurückkommen möchte. Hier sei noch folgendes erwähnt:

Wenn die Optik der Hauptsache nach in der Wellenbewegung des Aethers ihren genügenden Elementarmechanismus gefunden hat, so harrt dieser noch einer weiteren Zurückführung, sowohl was die Constitution des Aethers selbst, als was seine Beziehung zum Materiellen anlangt.

Die elektrischen Erscheinungen bieten ein schönes Beispiel dar für den energischen Trieb, der das wissenschaftliche Denken anspornt, die Elementarmechanismen immer mehr zusammenzuziehen und das Rätselhafte, nämlich die Fernkraft, in mehr und mehr vereinfachter und verdeutlichter Gestalt hervortreten zu lassen.

Das elektrostatische Grundgesetz hatte durch *Poisson* und *Coulomb* seine Bestätigung gefunden. Als sodann der Elektromagnetismus entdeckt war, stellte *Ampère* sein elektrodynamisches Gesetz auf, für welches er mit einem Scharfsinn, den nicht bloss sein Jahrhundert anstaunen wird, sowohl die Thatsachen als auch deren Theorie auffinden musste, so für sein Problem dasjenige zugleich bewältigend, was *Keppler* und *Newton* für die Gravitation getrennt leisteten. Er vereinigte sodann durch seine Molecularströme die elektrodynamischen und die elektro-magnetischen Wirkungen. So überraschend und das wissenschaftliche Bewusstsein befriedigend aber auch diese Erfolge waren, — auf die Dauer beruhigte es sich dabei nicht. Man wollte wissen, welcher Art die Kräfte der elektrischen Flüssigkeiten wären, welche, Ströme bildend, die

Ampère'schen Kraftwirkungen hervorbrachten. *W. Weber* zeigte es uns, indem er sein Gesetz der Einwirkung der elektrischen Atome auf einander aus dem *Ampère*'schen Gesetze ableitete und uns zuerst mit Fernkräften bekannt machte, die von dem relativen Bewegungszustande der Atome abhängen. Doch auch hiermit begnügte sich die Forschung nicht lange. Es wurde der Versuch gemacht (von *C. Neumann*, *Riemann* und *Betti*), die elektrodynamischen Kräfte auf die elektrostatischen zurückzuführen durch die Annahme, dass die Fernkräfte zur Fortpflanzung ihrer Wirkungen Zeit gebrauchen, während andererseits *Clausius*, von der Vorstellung der Strömung nur einer, der positiven Elektricität ausgehend, das *Weber*'sche Gesetz dadurch zu modificiren suchte, dass er an Stelle der relativen Bewegung der auf einander wirkenden Atome deren absolute Bewegung einführte.

Bei der Erwähnung dieser wenigen, jedoch besonders merkwürdigen physikalischen Synthesen lassen wir es hier bewenden.

Man wird also das ätherumhüllte Atom als wesentlichsten Elementarmechanismus der Körpersubstanz, auch der Gase, beibehalten dürfen und wird es weiterer Forschung überlassen, wie die anderen sogenannten Imponderabilien unterzubringen sind.

Nach der Vorstellung, die *Aepinus* in die Elektricitätslehre eingeführt hat, giebt es nur eine, die positive Elektricität, und die negative ist der Mangel daran. Hiernach wäre also ausser dem Aether noch die elektrische Flüssigkeit vorhanden, deren Strömung um die Atome den Magnetismus erzeugen würde. Indessen hat schon *Faraday* die Anschauung vertreten, dass auch die elektrischen Kräfte vom Aether übermittelt werden. Auf dieselbe Grundvorstellung hat *Maxwell* seine elektromagnetische Theorie des Lichtes gegründet. Die Bewegung des intramolecularen Aethers würde hiernach nicht bloss Licht und Wärme

ergeben, sondern auch die elektrischen und magnetischen Kräfte bedingen; *) die Schwerkraft wäre der Ueberschuss an Anziehungskraft, den die verschiedenen Wirkungen zwischen den materiellen Elementen und den Aetherelementen je unter sich und gegen einander übrig liessen.

Wie verhält sich nun die chemische Erscheinungswelt diesen synthetischen Versuchen der Physik gegenüber? Hier zeigt sich ein merkwürdiger Gegensatz. Während die Physik empirisch und mechanisch ziemlich gleichmässig fortschreitet, während die empirische Richtung fortwährend die mechanische Forschung anregt und befruchtet, andererseits die mechanische Richtung für diese Dienste sich dankbar erweist und die grössten Anstrengungen macht, die Ergebnisse der Empirie aus einfachsten Vorstellungen zu construiren: so ist in der Chemie von mechanischer Forschung beinahe nicht mehr die Rede. Nach einigen wenig erfolgreichen Versuchen in ihrer ersten Entwickelungsperiode beschränkt sie sich auf das Bestreben, für die empirischen Ergebnisse möglichst übersichtliche allgemeine Anordnungsprincipien aufzustellen, ohne je bis auf Elementarmechanismen zurückzugehen.

Man könnte argwöhnen, diese Einseitigkeit sei einem gewissen Uebergewicht der praktischen Erfolge über die theoretischen zuzuschreiben, da doch ein neuer Farbstoff, ein ecrasanteres Sprengmittel ihrem Entdecker ein Rittergut, die schönste Moleculartheorie ihrem Erfinder höchstens eine Pro-

*) Es sei hier bemerkt, dass das Manuscript vor dem Bekanntwerden der *Hertz*'schen Versuche niedergeschrieben wurde. Man kann gewiss nur lebhaft bedauern, dass dem Verfasser diese neuen Thatsachen von unermesslicher Tragweite noch nicht vorlagen und von ihm der Reihe seiner Speculationen einverleibt werden konnten. (Anm. des Herausg.)

fessur eintragen könne. Nun, wir glauben nicht, dass dies der Grund ist. Der wissenschaftliche Erkenntnistrieb ist so energisch, dass die von ihm Ergriffenen keinem anderen Erfolg nachstreben, als dem der Aufklärung dunkler Phänomene. Und wieviel mag über das chemische Problem schon gebrütet worden sein, ohne dass etwas davon die Oberfläche der Wissenschaft bewegte!

Wenn die theoretische Forschung in der Chemie sich mehr der gleichsam äusserlichen Anordnung des Stoffes als den Elementarwirkungen zugewendet hat, so liegt der Grund hiervon ohne Zweifel in dem Stoff selbst. Er möchte darin zu suchen sein, dass es hier mit dem fernwirkenden Atom der Physik ohne Einführung neuer Constructionselemente nicht mehr weiter zu gehen scheint. Es tritt hier völlig Neues auf, das in der Physik ein Analogon nicht besitzt, nämlich die Abhängigkeit der Wirkung der Substanzen auf einander von dritten anwesenden Substanzen, wie ich sie, gerade die chemischen Erscheinungen im Auge, bereits unter den möglichen Eigenschaften der Fernwirkung zweier Körper auf einander verzeichnet habe (S. 50).

Wenn das Knallgasgemenge entzündet wird, so suchen und finden sich in dem höchst tumultuarischen Vorgang der Explosion die Teilchen des Wasserstoffs und des Sauerstoffs so genau, dass sogleich darauf nur noch Wasser in dem Behälter vorhanden ist. Dies ist schon eine Erscheinung, für deren Nachahmung unsere bisherigen Constructionselemente nur schwer sich verwenden lassen werden. Doch weiter! Vermischt man nun Wasserdampf mit Wasserstoff oder mit Sauerstoff, so entzündet sich das Gemenge nicht mehr, es findet keine chemische Einwirkung mehr statt, es bleibt ein Gemenge. Nehmen wir z. B. Wasserdampf und Sauerstoff an, so steht also fol-

gendes fest: Im Wasser-Teilchen hat das Wasserstoff-Teilchen seine chemische Anziehung zum freien Sauerstoff eingebüsst durch die Anwesenheit des Sauerstoffs im Teilchen selbst, denn ungebundener Wasserstoff im Gemenge mit vielem Sauerstoff ergreift bei der Entzündung soviel Sauerstoff, als er braucht, um Wasser zu bilden. (Allerdings giebt es hier eine Grenze: Viel Sauerstoff wird mit hinreichend wenig ihm beigemengtem Wasserstoff sich nicht mehr unter Entzündung verbinden, und umgekehrt. Indessen ist dies eine Erscheinung anderer Art, und wir begnügen uns mit obiger Thatsache.) Nimmt man eine specifische chemische Anziehung an, so gilt von ihr ohne allen Zweifel, dass sie durch dritte Körper beeinflusst wird. Sie wirkt vermutlich erst in viel geringerer Entfernung als der Halbmesser der Molecularwirkungssphäre, da anzunehmen ist, dass z. B. bei der Entzündung des Knallgasgemenges die durch Temperaturerhöhung vermehrte Geschwindigkeit der Bewegung der Gasteilchen diese einander näher bringt und dadurch die chemische Bindung ermöglicht.

Wir lernen hier bei dem einfachsten chemischen Process so viel von den physikalischen Erscheinungen durchaus Verschiedenartiges kennen, dass man sich wohl vorstellen kann, wie so mancher Forscher angesichts des völlig fremdartigen Erscheinens sein bisher wirksamstes Instrument, das fernwirkende Atom mit dessen Nebenapparaten, der Aetherhülle u. s. w. entmutigt bei Seite legte und die Partie aufgab.

Ich selbst befand mich einst in solcher Lage. Ich suchte zuerst ohne specifisch chemische Kräfte auszukommen. Um die einfachste Bindung und deren Unwirksamkeit ihren Bestandteilen gegenüber zu construiren, dachte ich an zwei Atome mit ihren Aetheratmosphären, die in hinreichende Nähe gebracht, sich zu einem Doppelatom mit gemeinsamer Aetherhülle vereinigen

würden, doch so, dass die beiden materiellen Atome noch um ein Kleines von einander entfernt blieben, vielleicht durch ihre Abstossung, unter der oben (S. 56) bereits als möglich bezeichneten Annahme, dass Abstossung auch zwischen den materiellen Atomen herrsche. Fügte man alsdann noch die Annahme hinzu, dass bei der Vereinigung der zwei Atome zu einem Doppelatom ein Teil des von beiden gebundenen Aethers in Freiheit gesetzt würde, so dass die gemeinsame Aetherhülle weniger Aether enthielte, wie die getrennten beide zusammen: so liess sich eine verringerte Anziehung des Doppelatoms im Vergleich mit den beiden einzelnen herausbringen. Viel weiter scheint man aber durch diese Betrachtungsweise nicht zu kommen. Wenn man mit so einfachen Mitteln namentlich die Wahlverwandtschaft und die Sättigung der Valenzen in Angriff nimmt, so steht man sogleich ratlos einem ungemein zusammengesetzten Erscheinungsgebiet gegenüber, welches in der Tiefe im mannigfachsten Zusammenhang mit allen physikalischen Kräften der Körperwelt, namentlich den elektrischen stehen mag, und zu dessen mechanischer Construction, wir zweifeln nicht daran, die Empirie zur Zeit noch völlig Ungeahntes wird ans Licht fördern müssen. Vielleicht gar gelangt die Forschung hier schliesslich zu Elementarmechanismen neuer Zusammensetzung, die wir ebensowenig werden auflösen können, wie wir es jetzt mit der Fernkraft im stande sind.

Indessen verstehen wir nun besser den von der Physik abweichenden Entwickelungsgang der Chemie: Sie ist eben für ihre mechanische Synthese noch nicht reif und pflegt daher mit vollem Rechte vorherrschend die empirische Richtung. Wenn bei dem Einzelnen die Richtung, die sein ernstes Forschen einschlägt, aus inneren Gründen mit Notwendigkeit sich entwickelt, so vollends bei der Gesamtheit

der Vertreter einer Wissenschaft. Es hiesse die Natur und Wirkungsweise des Erkenntnistriebes schwer verkennen, wollte man dort Vorschriften machen oder hier abfällig urteilen, wie beschränkter Sinn dies hochmütig wohl versucht.

Jeder chemisch-mechanischen Synthese der Zukunft wird ein Gesetz zu statten kommen, dem eine tiefe Bedeutung für unsere ganze Weltanschauung innewohnt. Ich meine das von *Prout* über die Atomgewichte der chemischen Elemente als Vielfache des Wasserstoff-Atomgewichts. Wäre das Gesetz genau, so würde man unbedenklich mit ihm schliessen, dass die kleinsten Teile der übrigen chemischen Elemente Constellationen von Wasserstoff-Atomen seien, die mithin in letzter Instanz als das alleinige Constructionselement der Materie angesehen werden dürften. Unsere ganze Auffassung der Körperwelt würde dadurch vereinfacht, insofern der Begriff der chemischen Elemente als verschiedenartiger Substanzen wegfiele. Es wäre nur eine Art von Körperelementen anzunehmen, die Wasserstoffteilchen, um damit die ganze anorganische Welt aufzubauen. Dadurch würden wir sogar an die ältesten Constructionsversuche des Weltalls in der griechischen Philosophie bis zu einem gewissen Grade Anschluss gewinnen. Es wäre der Urstoff, die abstracte Materie, d. i. die Materie ohne Unterschied der Art nach, wissenschaftlich bestätigt, und aus solchen unterschiedslosen letzten Stoffbestandteilen mit ihren Kräften könnte die anorganische Erscheinungswelt dargestellt werden. Dabei verschlüge es nichts, dass wir den letzten Elementarmechanismus der Körperwelt selbst aus verschiedenartigen Stoffen mit verschiedenem Beharrungsvermögen und mit Fernkräften von verschiedener Intensität und Art zusammensetzten. Es würde doch unseren Erkenntnistrieb wenigstens zunächst in hohem Grade befriedigen. Die Wirkung

des Elementarmechanismus würde sich in grösseren Entfernungen als Schwerkraft äussern, in sehr kleinen übte er die Molecularkraft aus, und in noch viel kleineren stellten sich die noch so rätselhaften chemischen Kräfte ein.

Wohlan, wir haben wirklich einiges Recht, eine solche Grundvorstellung als Leitstern unseres Forschens festzuhalten. Das Ergebnis der Untersuchungen über den *Prout*'schen Gedanken ist dieser Vorstellung nicht so ungünstig, dass es uns entmutigen könnte. Wenn wir bedenken, dass die Schwerkraft, welche zwei Substanzatome auf einander ausüben, aus verschiedenen Teilen zusammengesetzt zu denken ist, einerseits nämlich aus den Wirkungen der materiellen Kerne auf einander, andererseits aus den Wechselwirkungen der ätherartigen Agentien auf die materiellen Kerne und den Wirkungen dieser Agentien auf einander, so ist nur der erstere Teil als von der Zusammensetzung der Constellationen, welche man chemische Molecüle nennt, unabhängig anzusehen, während die aetherartigen Begleiter der materiellen Atome bei der Constituirung der Gleichgewichtslagen in der Constellation von ihrer Gestalt abhängen können. So würde es denkbar sein, dass, wenn zwei getrennte ätherumhüllte Atome in ein Doppelatom verschmelzen, ein Teil des gebundenen Aethers in Freiheit gesetzt wird. Es könnte also der Gedanke, die chemischen Constellationen aus Vielfachen des leichtesten chemischen Atoms zusammenzusetzen, festgehalten werden, auch wenn sich davon nichts in den Atomgewichten verriete. Nehmen wir z. B. an, die Erde ziehe das freie Wasserstoffatom mit der Kraft 1 an, und das Sauerstoffatom sei eine Constellation von 16 Wasserstoffatomen. Würde nun ein jedes in der Sauerstoffconstellation enthaltene Wasserstoffatom mit der von 1 wenig abweichenden Kraft 1,03 angezogen, so würde die Sauerstoffconstellation 16,5 wie-

gen und würde ihre Zusammensetzung aus wenig modificirten Wasserstoffatomen nicht ahnen lassen, oder genauer: wir würden berechtigt sein, solche Zusammensetzung anzunehmen, auch wenn sie aus den Atomgewichten nicht erhellte. Um so mehr aber, wenn gerade dies in solchem Masse der Fall ist, wie die Erfahrung es lehrt. Das Atomgewicht des Sauerstoffs zu 15,96 angenommen — wiegt sein 16ter Teil: 1—0,003. So geht es mit nicht zahlreichen Ausnahmen fort. Bei weitem der grösste Teil der bestbestimmten Atomgewichte erweist sich als ganzen Vielfachen des Wasserstoffatoms sehr nahestehend. Es folgt aus den Atomgewichten, dass, falls die begleitenden ätherartigen Substanzen des Atoms der Ursubstanz bei dem Eintritt in eine chemische Constellation eine Mengenänderung erfahren, diese im allgemeinen sehr unbedeutend ist. Nimmt man z. B. das Atomgewicht des Chlors zu 35,4 an, und 35 Wasserstoffatome darin, so würde das Gewicht des einzelnen Wasserstoffatoms den Wert 1 nur um 0,01 überschreiten. Man ist daher, wie die Dinge jetzt liegen, durchaus befugt, an das Princip von der Gleichartigkeit der Substanz zu glauben und das verschiedene Verhalten der aus denselben Grundelementen zusammengesetzten Constellationen, die wir chemische Atome nennen, Kräften zuzuschreiben, deren Wirkungen durch die Wage nicht nachweisbar sind.

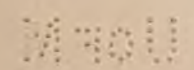
Dies ist, wenn wir nicht irren, das auf die Weltanschauung des Naturforschers am mächtigsten einwirkende Ergebnis der Chemie, und es erstreckt seine Herrschaft in der Erscheinungswelt, soweit überhaupt stöchiometrische Verhältnisse gelten. Doch ist noch einmal hervorzuheben, dass wir an die Gleichartigkeit der Substanz auch dann glauben dürften, wenn die Tafel der Atomgewichte von ihr nichts merken liesse.

So viel über die Synthese der anorganischen Erschei-

nungswelt. Wenden wir uns nun zur Synthese des Organischen.

Haben wir irgendwelchen Ausgangspunkt wenigstens für Vermutungen über die Construction der Erscheinungen des Lebens? — Ich wüsste nicht. Bei den niedrigsten Organismen, die Lebenserscheinungen zeigen, beim Protoplasma und bei den Amöben tritt eben wiederum ganz Neues auf, und ob wir hier ausreichen werden mit allen obigen Kategorien von fernwirkenden Atomen, ist eine Frage, auf die wir, alles Frühere wohl erwogen, nur schweigen können. Wenn die empirische biologische Forschung in ferner Zeit die Arme sinken lassen wird, — wer kann sagen, ob die mechanische Forschung sich dann nicht vor etwas ebenso Unergründliches wie die Fernkraft, aber auf sie nicht Zurückführbares gestellt sehen wird? Mussten wir doch bereits die Erfahrung machen dass der ursprüngliche und einfachste Begriff der Fernkraft, je weiter wir in dem physikalisch-chemischen Gebiet vordrangen, um so unzureichender sich erwies und um so mehr mit neuen Attributen ausgestattet werden musste, von denen wir bei den chemischen Kräften, wenn diese wirklich unter die Kategorie der Fernkräfte fallen, nicht einmal die Natur im entferntesten kennen. Die Wissenschaft wird hier denselben Weg gehen, wie bisher, sie wird empirisch das Gebiet erweitern und vertiefen, und das der Empirie auf dem Fusse folgende mechanische Streben wird Elementarmechanismen ersinnen, die einzelnes aus der gewonnenen Fülle des Stoffes zu construiren gestatten.

So hat z. B. mein Bruder die Mannigfaltigkeit der von ihm entdeckten und in Gesetzesform gebrachten Strömungserscheinungen am Nerven und Muskel durch seine peripolaren und dipolaren Molekel nachgebildet, — ein Vorgang,



der lebhaft an *Ampère's* Leistungen erinnert und ein weiteres schönes Beispiel liefert für die von mir betonte, immer sich wiederholende Wirkungsart des Forschungstriebes, welcher sich nicht beruhigt, bevor er ein Erscheinungsgebiet nicht auf seinen Elementarmechanismus, als seinen es gleichsam vertretenden Inbegriff, zurückgeführt hat.

Nun türmen sich aber die Probleme zu immer unzugänglicheren Höhen. Es erhebt sich vor uns über den Nebeln, in welchen das uns Nächstliegende noch gehüllt ist, das ergreifende Problem der Seele und, alles weit überragend, die grausende Frage nach dem Bewusstsein, dem Ich.

Doch die verwegene Menschenbrut lässt sich unter dem Stachel ihres mächtigsten geistigen Triebes, welcher Klarheit über alles ihrer Vorstellung Zugängliche verlangt, kein Halt gebieten. Sie wird auch hier den altbewährten Weg verfolgen, durch schärfste Beobachtung unserer seelischen Vorgänge, durch empirische Forschung über ihr Organ, der mechanischen Forschung Angriffspunkte zu verschaffen, und wird dabei soweit vordringen, wie es ihr eben beschieden ist. Sie wird das Rätselhafte in immer engere Kreise bannen. Und so können wir als wenigstens asymtotisches Ziel der Forschung auch im Erscheinungsgebiet der Seele letzte Constructionselemente uns denken, mit denen ihre Thätigkeit nachgebildet werden kann, bei denen wir uns alsdann werden beruhigen dürfen und müssen, wie viel Geheimnisvolles sie selbst noch enthalten mögen, — genau wie dies bei der Fernkraft unser Los ist.

Ein Versuch, Constructionselemente der Seele zu ersinnen, ist schon gemacht worden, und zwar von keinem Geringeren als *Leibnitz*. Doch hat er uns damit erheblich weniger geboten als in anderen Gebieten seines Schaffens. Mit den »Monaden« versuchte er die Seele vom Materiellen zu sondern. In-

dem er das denkende Element in diese geistigen Atome verlegte, wurde er des Problems über den Zusammenhang der geistigen und körperlichen Welt dadurch ledig, dass in seinen Monaden die Vorgänge parallel der körperlichen Welt wie Bild und Gegenstand sich abwickeln. Dieser Parallelismus der Vorgänge in der geistigen und körperlichen Welt, seine »prästabilirte Harmonie«, erlaubt ihm, Geist und Materie so vollständig zu trennen, dass zwischen beiden keine Verbindung mehr besteht. Die Correspondenz wird erklärt wie die gleichgehender Uhren.

Diese Construction kann uns natürlich nicht genügen, da ja gerade die verwickelten Hirnapparate, welche offenbar dazu dienen, die körperlichen Vorgänge mit der Seele in Verbindung zu setzen, und welche schon aus diesem Grunde unser grösstes Interesse erregen, gleichsam als überflüssig ausser Betrachtung gestellt sind. Die *Leibnitz*'sche Monade als Elementarmechanismus der Seele ist gleichsam das eine Extrem, dem als entgegengesetztes Extrem die Anschauung des materialistischen Monismus gegenübersteht, welcher die seelischen Vorgänge als stoffliche Erscheinungen, etwa wie die Elektricitätsentwickelung, auffasst. Doch würde diese bäurisch-naive Weltanschauung heute keiner ernsten Erwähnung wert sein, wenn ihr nicht eine gewisse historische Bedeutung zukäme. Ihr Verdienst war einst, die völlige geistige Freiheit und Unabhängigkeit gegen finsteren Geisteszwang erobern zu helfen.

Und nun, nachdem wir diese Musterung der mechanischen Forschungsergebnisse in der heutigen exacten Wissenschaft beendigt, wollen wir gewisse einfache Principien der Erkenntnis aufstellen, welche zur Beurteilung ihrer geistigen Natur die grössten Dienste leisten werden.

VI.

Die idealistische und die empiristische Weltanschauung.

Unsere Vorstellungen sind zwar unseren Wahrnehmungen entnommen und entsprechen ihnen in allen ihren Teilen, doch eben nur in ihren Teilen. Mit Hilfe einer Fähigkeit, welche Phantasie genannt wird, können wir nach Willkür Bestandteile der Vorstellungen verändern, und zwar, was uns hier zunächst angeht, der Ausdehnung, der Form und dem Grade nach. Ja wir haben sogar das Bestreben, die Bestandteile der Vorstellungen, wenn wir darauf unsere Aufmerksamkeit richten, bis zum äussersten zu verändern, um dadurch unser Vorstellungsgebiet soweit auszudehnen und zu bereichern, wie es die Bedingungen unseres Denkens gestatten.

Indem wir in einer Vorstellung den Veränderlichen eine Reihe von Werten erteilen, erhalten wir statt einer Vorstellung eine Folge oder Succession derselben, und unser Interesse richtet sich nun vornehmlich auf den Abschluss dieser Folge von Vorstellungen. Liegt es in der Natur der Vorstellungsfolge, dass sie einen Abschluss hat, oder dass sie keinen hat? Und wenn sie einen Abschluss haben muss, bildet derselbe eine Vorstellung von der nämlichen Art wie die Einzelvorstellungen der Folge, oder tritt er aus dieser heraus, in welchem Falle eigentlich kein Abschluss der Folge selbst vor-

handen ist? — Es giebt hier verschiedene Möglichkeiten, die wir, soweit sie für unsere Betrachtungen Bedeutung besitzen, am zweckmässigsten an Beispielen studiren.

Zuvor sei noch bemerkt, dass man in der Mathematik den Abschluss einer Vorstellungsfolge ihre Grenze nennt, und dass die Analysis ein Kennzeichen angiebt, das der Grenze zukommt: Es muss der Unterschied zwischen den Vorstellungen und ihrer Grenze, je mehr sie sich derselben nähern, immer kleiner und schliesslich beliebig klein werden. Dies setzt aber voraus, dass der Unterschied durch Maassverhältnisse ausdrückbar sei, und dazu ist wieder nötig, dass sich die Vorstellungen auf das zurückführen lassen, was ich lineäre Grössen nenne*), d. i. Grössen, die sich erschöpfend durch Längen messen lassen. Dieser analytische Begriff der Grenze schränkt also den des Abschlusses einer Vorstellungsfolge sehr ein. Wenn ich mich für den allgemeinen Fall des Wortes Grenze oder Abschluss bedienen werde, so soll der engere durch das Beiwort analytisch gekennzeichnet werden.

Wir gehen nun zur Betrachtung besonderer Fälle über.

Denken wir uns z. B. die der Höhe nach geordneten Bäume oder Berge der Erde, so wissen wir von den Bäumen, dass wir bei irgend einem australischen Eukalyptus anlangen, — von den Bergen, dass ein Gipfel des Himalaya der höchste ist. Um sodann ein geometrisches Beispiel zu erwähnen, so wird eine Folge unregelmässiger Dreiecke, deren Seitenunterschiede immer kleiner werden, zum regelmässigen Dreieck führen. — In diesen Fällen endigt die Vorstellungsreihe stets mit einer Vorstellung derselben Art und besitzt also eine Grenze.

Lehrreicher ist folgendes Beispiel: Denken wir uns die

---

*) Vergl. Allgem. Functionentheorie, S. 23.

successiven, einem Kreis eingeschriebenen geradlinigen Polygone mit Seitenzahlen, die wie die ganzen Zahlen wachsen. Sieht man ein solches Polygon einfach als geometrisches Gebilde im allgemeinen an, ohne auf die Natur dieses Gebildes als aus geradlinigen Strecken bestehend irgendwie Gewicht zu legen, so ist das Ende der hier ins Unbegrenzte fortlaufenden Vorstellungsfolge der Kreis, welcher ebenfalls ein geometrisches Gebilde ist. Also findet die in Rede stehende Folge der geometrischen Gebilde ihren Abschluss in einem ebensolchen Gebilde, und in diesem Sinne schlösse das Beispiel sich den früheren an: der Kreis wäre die Grenze der Polygone. Wenn man dagegen die specifische Art des Gebildes als geradliniges Polygon ins Auge fasst, so wird, wie man auch seine Seitenzahl vermehren und seine Seitenlänge verkürzen mag, nie ein Kreis herauskommen. Denn der Kreis ist eben ein Gebilde von ganz anderer Art als ein geradliniges Polygon, er ist eine krummlinige Figur. In diesem wohl correcteren Sinne hat also die Vorstellungsfolge nie einen Abschluss, und als solche auch keine Grenze, da man nicht von einer messbaren Differenz zwischen einem Polygon und einem Kreis reden kann. Gleichwohl sagt man stets, der Kreis sei die Grenze der Polygone, und es lässt sich dieser Ausdruck, wenn er bedeuten soll, dass wir, beim Kreise anlangend, die Vorstellungsfolge nicht verlassen, in der That rechtfertigen, indem wir, wie vorher, die Vorstellungen erweitern und Kreis und Polygon als Gebilde im allgemeinen auffassen; aber auch, und dies wird wohl noch mehr befriedigen, indem wir gewisse Haupteigenschaften des Polygons (wie namentlich seinen Umfang) ins Auge fassen, welche im Kreis eine wirkliche Grenze, sogar eine analytische, besitzen.

Von diesen ersten Beispielen von Vorstellungssuccessionen, die aus einer unerschöpflichen Fülle herausgegriffen sind, zeigt jedes besondere Eigentümlichkeiten, die aber mehr an der

Oberfläche liegen. Wir gehen nun zu solchen Beispielen über, bei welchen gewisse mehr verborgene Eigenschaften des Denkens zu Tage treten, die in der Erkenntnislehre von höchstem Belang sind.

Ich knüpfe diese Erörterungen an den Begriff: genau. Um eine bestimmte Vorstellung vor Augen zu haben, denken wir an ein Stück einer genauen Geraden, und damit die Frage nach ihrer Dicke nicht unnötige Verwickelungen herbeiführe, soll es sich um eine Kante handeln.

Was vor allem den Begriff der genauen Begrenzung eines Gebietes anlangt, so schöpfen wir diesen vornehmlich aus Gesichtswahrnehmungen, denen gelegentlich auch Tastwahrnehmungen zu Hilfe kommen können. Es ist die Trennungslinie einer Fläche von einer anderen, die den Begriff erzeugt. Die entfernte Hauskante, das ferne, sich gegen den dunkeln Himmel abhebende Schneefeld, die Kimmung der See, in der Nähe die Schneide des Messers, die Kante des geschliffenen Glases, — diese und andere ähnliche Wahrnehmungen erzeugen den Begriff der scharfen, genauen Abgrenzung eines Gebietes von einem andern im Gesichtsfelde. Die Schärfe der Contouren ist uns ein Bedürfnis. Wenn wir, kurzsichtig geworden, eine Weile des Augenglases entbehren mussten, so gewährt uns der erste Anblick scharfer Umrisse entschiedenen Genuss. Wir sind davon völlig befriedigt, denn unsere Sinne kennen keine grössere Genauigkeit.

Zur näheren Bestimmung der Begrenzungsart durch eine Kante soll nun noch die Geradlinigkeit hinzukommen. Diese ist keiner directen Definition fähig, sondern sie wird durch Ausschluss der Eigenschaften krummer Linien erklärt. So hat man die Definition, dass, wenn man die Endpunkte (oder zwei andere Punkte) des Stückes einer geraden Linie festhält und die

Gerade sich drehen lässt, sie sich nicht aus sich entfernt, sondern stets dasselbe Bild zeigt. Hiernach nun soll die Kante, die wir unserer Betrachtung zu Grunde legen, erstens eine scharfe Begrenzung sein, und zweitens, wenn wir zwei ihrer Punkte festhalten und das Gebilde (etwa ein Prisma), von dem sie eine Kante ist, drehen, keine Veränderung zeigen.

Jene Beispiele für die Entstehung des Eindrucks einer genauen Begrenzung lehren nun noch ein Weiteres. Betrachten wir z. B. die entfernte geradlinige Hauskante nachträglich in der Nähe, so erweist sie sich hier als eine höckerige Linie, an der nichts mehr an eine gerade Linie erinnert. Aehnlich müsste es uns bei allen künstlich hergestellten Kanten gehen, wenn wir hinreichend scharfe Beobachtungsmittel hätten. Metallkanten zeigen in der That bei mikroskopischer Beobachtung Unregelmässigkeiten. Bei geschliffenen Glaskanten trifft dies zwar nicht zu; doch sagen wir uns, dass es wohl der Fall sein würde, wenn unsere vergrössernden Vorrichtungen noch leistungsfähiger wären, so dass sie z. B. die sicher vorhandenen Spuren der einzelnen Körner des feinsten Schleifpulvers noch auseinanderhalten könnten. Aehnliches dürfte von allen künstlich hergestellten Kanten gelten. Wir sehen also, dass wir die Genauigkeit dem Grade nach unterscheiden können, und wir wollen von Genauigkeit *wissenschaftlichen* Charakters sprechen, wenn ihr Grad ein solcher ist, dass er nicht mehr durch den blossen Anblick in geringer Entfernung in Ungenauigkeiten aufgelöst werden kann.

Ob sich die Genauigkeit der Begrenzung auch anderer Gebilde als der künstlichen Kanten schliesslich als ungenau erweisen müsste, darüber lassen sich nur Vermutungen aussprechen. Doch wenn man bedenkt, dass alle zusammendrückbare, für Imponderabilien durchgängige, mischbare, spalt-

bare Substanz in jedem kleinsten Teile Variationen ihrer Beschaffenheit unterliegen muss, so ist es wohl wahrscheinlich, dass auch frisch gebildete Krystallkanten, die Begrenzung des schwimmenden Oeltropfens, der frisch gesponnene Coconfaden, u. s. w. in molecularen Entfernungen eine Kette von Verdickungen zeigen würden, vermöge deren die Kante ähnlich wie die einer von nahem gesehenen Hauskante erschiene. Die Möglichkeit einer vollkommenen Genauigkeit der Begrenzung würde das Vorhandensein einer continuirlichen homogenen Substanz zur notwendigen Vorbedingung haben.

Auf alle Fälle sehen wir uns hier in eine Vorstellungsfolge gezogen, welche in Bezug auf ihren Abschluss unsere Neugier erweckt. Wir können sie in eine bestimmte Form bringen, indem wir uns die geradlinige Kante um ihre Endpunkte drehbar denken und ein Mikroskop auf irgend einen ihrer Punkte einstellen. Wenn sie bei ihrer Drehung stets dasselbe scharfe Bild zeigt, ist sie, soweit das Mikroskop es zu beurteilen gestattet, geradlinig in genauer Begrenzung, sonst nicht. Wir bleiben im Bereiche des Vorstellbaren, wenn wir uns das Mikroskop beliebig stark vergrössernd denken (wiewohl es für die Vergrösserung thatsächlich Schranken giebt); denn wir verändern dabei nur den Grad oder die Ausdehnung der Bestandteile der Vorstellung. Nun ergiebt sich aber sogleich, dass wir vollständige Genauigkeit, wenn wirklich irgendwo in der Welt die dazu nötige stetige Substanz vorhanden wäre, gar nicht würden erkennen können. Denn das Mikroskop müsste zu diesem Zweck jedes beliebig Kleine sichtbar machen können, müsste also einer Vergrösserung fähig sein, die keine Schranken hätte, die jede, noch so grosse, bestimmte Vergrösserung überträfe, mit einem Worte, — die unendlich wäre. Dies ist aber ein Unding, jedenfalls etwas durchaus Unvorstellbares. Wenn man auch die Mög-

lichkeit einer Construction, die beliebig starke Vergrösserungen lieferte, zulassen wollte, so wäre doch die unendliche Vergrösserung schon deshalb eine zu verwerfende Annahme, weil die Brauchbarkeit und Schärfe des vergrösserten Bildes von der guten Ausführung des Instruments abhängt. Diese muss um so präciser sein, je stärker die Vergrösserung, und müsste daher für unbegrenzt starke Vergrösserung auch unbegrenzt gut, d. h. vollkommen sein, mithin gerade jenen äussersten Grad der Präcision besitzen, den wir bei der Kante ja erst feststellen wollen. Es müsste also die nämliche Untersuchung für das Mikroskop vorangehen, die aber wiederum vollkommene Präcision der Prüfungsmittel erheischen würde, so dass wir damit in einen fehlerhaften logischen Kreis geraten.

Wir treten also mit dem Begriff der vollkommen genauen geradlinigen Kante nicht allein aus der bisherigen Vorstellungsfolge von fort und fort genaueren Kanten heraus, sondern dieser Begriff ist überhaupt jeglicher Vorstellung entrückt, ist etwas durchaus Vorstellungsfremdes, das, wenn es vorhanden wäre, durch die denkbar subtilsten Mittel nicht nachgewiesen werden könnte.

Bei der Schilderung dieses Denkvorganges bin ich etwas ausführlich gewesen, weil er, wie ich hervorhob, von grossem Belang in der Lehre vom Denken ist und sich in zahllosen Fällen ganz ähnlich wiederholt. Der Vorgang lässt sich kurz zusammenfassen wie folgt:

Wir erhalten aus den mannigfaltigsten Wahrnehmungen den Begriff: genau. Bei einer grossen Zahl dieser Wahrnehmungen zeigt aber veränderte Beobachtung an demselben Gegenstande, dass die Genauigkeit in Ungenauigkeit übergeht; bei anderen Gegenständen bleibt sie wenigstens bei gewöhnlicher

Beobachtung erhalten. Daraus entspringt das Bedürfnis, zur Prüfung der Genauigkeit verfeinerte, wissenschaftliche Beobachtungsmittel heranzuziehen; es entsteht der wissenschaftliche Begriff der Genauigkeit und das Bestreben, deren Grad (der durch den Grad der Feinheit der Beobachtung, welche die Genauigkeit in Ungenauigkeit auflöst, gemessen wird) in den Einzelfällen durch alle seine Abstufungen zu verfolgen. So gelangen wir zu einer Succession von Vorstellungen, die schliesslich zum Begriff der vollkommenen Genauigkeit hinausführt. Von dieser lässt sich aber zeigen, dass sie der Vorstellung gänzlich entrückt ist, und dass sie durch kein erdenkbares Mittel je würde nachgewiesen werden können. Bevor wir diesen äussersten Grad annehmen, ist alles denkbar und nur vorstellbare Abänderung einzelner Bestandteile von Vorstellungen. Das Vollkommene dagegen kann auf keine Weise als bildliche Vorstellung aufgefasst werden. Da es jedoch in unser Denken eingeht und darin Verwendung findet, wie das Vorstehende zeigt, und da unser Denken nun einmal in der Succession von Vorstellungen besteht, so muss es doch irgendwie Vorstellung sein, und ist es auch, nämlich — als Wort. Die Folge der gegenständlichen Vorstellungen des Genauen hat also als Abschluss ein Wort für etwas Unvorstellbares.

Hier, wie in vielen ähnlichen Fällen, entspringt also ein geistiger Vorgang, dessen Ergebnisse nach den mannigfaltigsten Richtungen hin in unser Denken eingreifen: Wo eine endlose Vorstellungsfolge keine Vorstellung zur Grenze hat, bewirkt die Analogie zahlloser Vorstellungsfolgen, die bei einer Vorstellung als Grenze anlangen, dass wir eine Grenze unwillkürlich auch da voraussetzen, wo sie fehlt. Da sie aber keiner wirklichen Wahrnehmung entspricht, kann sie als Vorstellung auch kein gegenständliches Bild sein, sondern sie wird Wort-

vorstellung, und wird als solche unserem Begriffssystem als Begriff von etwas Wirklichem und Vorstellbarem eingefügt.

Dies ist in wenigen Worten die Entstehungsweise dessen, was ich den allgemeinmenschlichen Idealismus nennen möchte. Es ist ein wesentlich unbewusster Vorgang, der sich nicht bloss im Einzelwesen, sondern auch im Geschlecht abspielt. So glauben wir unbesehen an die Möglichkeit des völlig Genauen, oder richtiger, wir denken überhaupt gar nicht darüber nach. Es gehört, wie viele andere ähnliche Begriffe, unangefochten dem Begriffssystem des mittleren Menschen an. Wir kommen auf den hier kurz angedeuteten Vorgang später zurück.

Ich betone besonders den wissenschaftlichen Charakter der Vorstellungsfolgen, die schliesslich aus sich hinausführen, weil ich in der That Aehnliches in allen Beispielen, auf die ich aufmerksam wurde, wiedergefunden habe.

Dergleichen vorstellungsfremde, äusserste Eigenschaften bezeichnet man, doch ohne, wie ich glaube, ihre eigentliche Natur klar erkannt zu haben, mit dem Worte: absolut. Dieser Ausdruck ist zufälligerweise wörtlich zutreffend, wenn man ihn übersetzt durch »abgelöst«, nämlich abgelöst von der Vorstellungsfolge, deren Abschluss die unvorstellbare Eigenschaft bildet. Ich werde dafür auch, und zwar ihrer umfassenderen Bedeutung wegen, die Bezeichnungen ideal und idealistisch gebrauchen, letzteren Ausdruck namentlich im Gegensatz zu dem weiter unten einzuführenden Ausdruck empiristisch.

Wir können dem absolut oder ideal Genauen viele andere absolute Eigenschaften an die Seite stellen, begnügen uns aber hier mit einigen Beispielen, an denen Weiteres zu bemerken ist.

Was zunächst die absolute Härte und Starrheit der

Substanz anlangt, so verhält es sich damit ganz wie mit der absoluten Genauigkeit. Man denkt sich die Substanzen durch Zusammendrückung, Torsion, Ritzen und Zermalmen auf die Probe gestellt und wird durch weiter getriebene Versuche, die einen wissenschaftlichen Charakter erhalten, schliesslich zur absoluten Starrheit geführt. — Es ist zu bemerken, dass bei der absoluten Starrheit mechanische Schwierigkeiten beginnen. So ist wichtig, daran zu denken, dass dieser Begriff beim Stoss zwar die gleichgerichtete Bewegung zweier homogenen Kugeln, die sich in der Verbindungslinie ihrer Mittelpunkte treffen, wohl zu beurteilen gestattet, dagegen die Folgen des Stosses unter jeder anderen Bedingung völlig unbestimmt lässt, — eine Unbestimmtheit, die man durch die Annahme beseitigt, dass die aufeinanderstossenden Körper ein wenig zusammendrückbar und elastisch seien. Aber dann sind wir eben wieder in der Vorstellungsfolge.

Die absolut stetige Substanz, mit der wir uns schon beschäftigt haben (S. 23 u. folg.), ist ein Abschluss der wissenschaftlichen Vorstellungsfolge einer immer weniger durch Poren unterbrochenen Substanz und entsteht völlig analog der absoluten Genauigkeit. Sie beginnt mit der uns geläufigen Wahrnehmung des Stetigen in Flüssigkeiten, in Metallen, in Glas und Krystall. Es zeigen sich aber bei näherer Untersuchung darin mannigfache Unterbrechungen der Stetigkeit; auch theoretische Ueberlegung zwingt uns, schon der Zusammendrückbarkeit wegen solche anzunehmen. Hieran kann sich dann die Betrachtung schliessen, dass es vielleicht doch irgendwo in der Welt Substanz geben möchte, die von solchen Unterbrechungen frei ist, — die absolut stetige Substanz, (deren thatsächliche Unmöglichkeit freilich a. a. O. nachgewiesen wurde).

Absolute Eigenschaften spielen noch in ganz anderen Gebieten eine Rolle und zeigen dabei ganz dieselben Erscheinungen, wie die vorstehenden. Wenn man sich auch scheuen mag, die religiösen Vorstellungen auf dasselbe erkenntnistheoretische Secirbrett zu legen, wie die mechanischen, — das Ergebnis solcher Prüfung kann eine starke Ueberzeugung nicht erschüttern.

Es liegt in der aus dem religiösen Bedürfnis entsprungenen Idee der persönlichen Gottheit, sie mit verstärkten menschlichen Eigenschaften solcher Art auszustatten, wie wir sie besonders schätzen. In naiven Zeiten waren es gewaltige Körperkräfte, wie deren Zeus sich rühmte, sein von den Höhen des Olymps aus überallhin reichender Blick, u. s. w. In der semitischen Gottesvorstellung waren diese Eigenschaften anders ausgedrückt, aber kaum mehr idealisirt. Die Theologie eröffnete die wissenschaftliche Vorstellungsfolge bis zu deren Abschluss: den absoluten Eigenschaften des persönlichen Gottes, vornehmlich dessen Allmacht und Allwissenheit, — idealistischen Wortvorstellungen, mit denen sich wirkliche Vorstellungen nicht verbinden lassen.

Es ist bemerkenswert, wie die absolute Allwissenheit, auch auf die Zukunft erstreckt, mit dem ethischen Begriff der freien Selbstbestimmung einen völlig unlösbaren Widerspruch bildet, — das alte Problem der Prädestination. Hier beruht indessen der Grund des Widerspruchs vielleicht eher in dem ethischen Begriff. Es liegt schon in dem Begriff Wille, dass er uns frei dünkt. Er bedeutet die Uebergangsstufe von den Wahrnehmungen und Erinnerungsvorstellungen zu den Handlungen. Aus jenen entspringen die Strebungen, und aus den Strebungen die Willensacte, manchmal in sehr kurzer Folge, ja bei einzelnen solchen häufig unbewusst, wie zahlreiche Reflexe zeigen.

Wir haben meistens keine deutliche Erinnerung an die Gesamtheit der Vorstellungen, welche unsere Strebungen erzeugen, und deshalb scheint uns eine Auswahl von Handlungen vorzuliegen, durch welche der Strebung Genüge geschehen könnte, statt der einen, deren wir uns thatsächlich bedienen. Hierauf mag wohl jenes Gefühl der Willensfreiheit beruhen, das zum ethischen Begriff geworden ist. Auf alle Fälle muss man eines von beiden aufgeben, entweder die auf die Zukunft sich erstreckende Allwissenheit, oder den freien Willen.

Erwähnt sei noch, dass auch in der schönen Literatur eine wohl durchdachte absolute Eigenschaft vorkommt. Es ist die Unausdehnbarkeit von *Balzac*'s »Peau de Chagrin«.

Wir gehen nun zu dem letzten Beispiel über, das zwar, als das einfachste, an die Spitze gestellt werden konnte, aus gewichtigen Gründen aber hier besser am Platze ist; es betrifft die Vorstellungsfolge, welcher die Längenausdehnung zu Grunde liegt.

Die einfachste geometrische Vorstellung, die begrenzte Gerade, kann nur in Bezug auf ihre Längenausdehnung eine Abänderung erfahren. Denken wir uns zunächst eine bestimmte Länge als Maasseinheit, denken wir uns von ihr weiter die Hälfte, drei Viertel, sieben Achtel, u. s. w., so ist die Einheit die analytische Grenze dieser Stücke*).

Beschränken wir nun aber unsere Vorstellung von der veränderlichen Länge der Geraden nicht, so können wir uns die-

---

*) An diese einfache Betrachtung knüpfen sich schwierige und tiefe Probleme über die Entstehung der analytischen Grenze, welche in meiner »Allgemeinen Functionentheorie« (S. 58 u. folg.) behandelt sind, deren mehr mathematisches Interesse hier jedoch zurücktritt.

selbe länger und immer länger vorstellen, von unserem Standpunkt auf der Erde über planetarische Fernen bis in die Fixsterne hinaus erstreckt, kurzum jede Vorstellung von etwas ungeheuer Entferntem beliebig weit hinter sich lassend. Allein sie bleibt dabei immer ein vorstellbares Stück gerader Linie, immer durch die uns geläufigen Maasseinheiten messbar.

Ebenso verhält es sich in der Richtung der Kleinheit. Wir können uns das Stück gerader Linie kürzer als jede noch so klein vorgeschriebene Länge vorstellen, und es besteht auch für diese Vorstellungsfolge kein Ende; denn die Länge Null, die man als solches ansehen könnte, ist doch eben keine Länge mehr und kann, wenn es sich um die Folge von Vorstellungen immer kürzerer Stücke einer geraden Linie handelt, nicht als ein den Abschluss bildendes Stück der Vorstellungsfolge angesehen werden. (Eine Grenze im mathematischen Sinne ist sie wohl, und zwar eine analytische, da der Unterschied der abnehmenden Länge und der Null, nämlich die abnehmende Länge selbst, beliebig klein gemacht werden kann.)

Einen uns befriedigenden Abschluss findet die Vorstellungsfolge der Grössenänderung der geradlinigen Strecke also weder in der Richtung des Anwachsens, noch in der des Abnehmens. Der Gedanke kehrt von seinem Ausflug in die Regionen des Unermesslichgrossen oder Unermesslichkleinen ermüdet und entmutigt zurück in den Bereich der ihm vertrauten Dimensionen.

Nun gleichwohl ist das gemeine Denken und auch meistens das wissenschaftliche Denken gewohnt, diese Vorstellungen mit einem Abschluss zu versehen. Man sagt, die unbegrenzte Gerade sei *unendlich* lang, indem man darunter versteht eine nicht mehr durch Maasse unseres Vorstellungsgebietes zu messende Länge. Dieser hier auftretende Begriff des Unendlichen ist

die bedeutungsvollste unvorstellbare Wortvorstellung, der vornehmlichste idealistische Begriff, und zwar deshalb, weil sich daran die bis jetzt nicht berührte Frage nach unserer Auffassung von der Existenz der Ideale am besten anknüpfen lässt. Gerade die Mathematik, die es ja am meisten mit dem Unendlichen zu thun hat, legt eine Unterscheidung nahe, die im vorigen mehrfach angedeutet, nun schärfer auszuführen ist, die Unterscheidung zwischen unbegrenzt gross und unendlich.

Unbegrenzt gross nennen wir, was zwar endlich ist, aber in jedem Vorstellungsact ausserordentlich viel grösser als alle anderen gleichartigen Grössen gedacht wird. Wir denken es uns gleichsam im Wachsen, im Enteilen aus jeder Grössensphäre begriffen. Sobald wir ein noch so grosses Maass uns denken, lassen wir das Unbegrenztgrosse schon weit darüber hinaus sein. Lässt der begleitende Gedanke das Unbegrenztgrosse frei, verzichtet er darauf, seinem Bedürfnis nach Vorstellung zu genügen, so wird aus dem Unbegrenztgrossen das, was über alles Maass gross ist, und was man sich nicht mehr vorstellen kann, — das Unendlichgrosse. Es ist von grösster Wichtigkeit, festzuhalten, dass das Unbegrenzte stets endlich ist, und dass unendlich ist, was in der Richtung des als unbegrenzt Gedachten auf das Endliche folgt und daher selbst nicht endlich ist.

Folgendes Beispiel wird diesen Unterschied zwischen unbegrenzt und unendlich noch deutlicher machen.

Fragen wir nach der Menge der Himmelskörper im Weltraume. Wenn wir den Sternenhimmel mit blossem Auge betrachten, fallen uns zunächst einige hellere Sterne auf. Genaueres, insbesondere teleskopisches Beobachten entdeckt nach Maassgabe der Lichtstärke und Vergrösserung, die zu Gebote

steht, überall, wo sich gleichförmiges Dunkel zu dehnen schien, dichtere und immer dichtere Sternmassen. So erhalten wir den Eindruck, als ob für die Sternenzahl eine Grenze nicht vorhanden sei. Somit werden wir sagen: die Himmelskörper erscheinen uns in unbegrenzter Anzahl. Auf die Frage aber, welches denn ihre Menge sei, würde »unbegrenzt« sicherlich eine unbefriedigende Antwort sein, weil man dabei immer an den Abzählenden denkt, der mit seinem Geschäft nicht zu Ende gelangt, entweder, weil des Abzuzählenden kein Ende ist, oder weil er das vorhandene Ende nicht zu erreichen vermag.

Mit dem Ausdruck unendlich verbinden wohl die meisten Deutschen (wie mit infini die meisten Franzosen) den Begriff, dass eine so bezeichnete Ausdehnung oder Menge wirklich, unabhängig vom Vorhandensein denkender Wesen, alles überragt, was durch feste Maasse messbar oder abschätzbar ist. Man sagt: der Raum ist unendlich, und wenn man ihn überallhin mit Himmelskörpern besetzt sich vorstellt, so wird man auch sagen: die Anzahl der Himmelskörper ist unendlich. Die Richtigkeit dieses Satzes mag bestritten werden können, gegen den Ausdruck wird aber niemand etwas einzuwenden haben.

Der Ausdruck: ich stelle mir den Raum unbegrenzt vor, ist unanfechtbar; uneigentlich wäre es aber zu sagen: ich stelle ihn mir unendlich vor, da man das Unendliche, welches ausserhalb des Rahmens jeglicher Vorstellung liegt, sich eben nicht vorstellen kann. Man würde sagen müssen: ich glaube, dass er unendlich ist.

Wenn wir also mit unendlich den idealistischen Abschluss der Vorstellungsfolge des Grösseren und immer Grösseren bezeichnen, so möge unbegrenzt gross die Bezeichnung sein für den Begriff des dem Abschlusse beliebig Nahen, des ihm viel näher Gedachten als alle in Betracht kommenden Einzelvor-

stellungen, — die Bezeichnung eines empiristischen Abschlusses, eines thatsächlich dieselben Dienste wie das Unendliche leistenden nach Bedürfnis Grossen, doch noch immer dem Gebiete des Vorstellbaren Angehörigen.

In der Richtung des immer kleiner Werdenden sind dieselben Unterscheidungen giltig. Wenn die Null als Abschluss verworfen wird, so gelangen wir genau auf dem Wege, den wir oben verfolgten, indem wir nur eben gross mit klein vertauschen, zum Begriff des Unendlichkleinen. Dem Beispiel mit dem Sternenhimmel stünde hier ein arithmetisch-geometrisches gegenüber: Denkt man sich die Längeneinheit mit gleichentfernten Punkten besetzt, die man ins Grenzenlose vermehrt, und fragt nach ihrer Anzahl, so wird man ganz dieselben Unterscheidungen zwischen der ins Unbegrenzte wachsenden Menge und der beim Abschluss dieses Wachstums vorhandenen Menge zu machen haben, wie sie in Bezug auf die beobachtete Sternenmenge und die wirklich vorhandene gemacht wurden. Die Abstände der Punkte auf der Einheitsstrecke entsprechen aber nun der Vorstellungsfolge in der Richtung kleiner und immer kleiner und endigen mit dem Unendlichklein, wo die Anzahl der Punkte unendlich gross wird.

Allerdings ist hier, wenn man genauer zusieht, ein doppelter absoluter Abschluss zu berücksichtigen. Die Einheitsstrecke selbst und die auf ihr vorhandenen Punkte werden, solange sie Vorstellungen sind, als beliebig genaue Linie, bezw. beliebig genaue Punkte gedacht, — Vorstellungen, die man nach Bedürfnis »idealisiren« kann. Je mehr Punkte man sich in die Einheitsstrecke hineindenkt, desto feiner und genauer wird man beides, Linie und Punkte, sich zu denken haben, und zwar wird diese Feinheit dermaassen der Anzahl der Punkte in der Vorstellung voraneilen müssen, dass die Entfernung zweier Punkte stets viel

grösser ist als die Dicke der Linie und der Punkte: Wenn man nun zum Ideal übergeht, welches unendlich viele Punkte auf der Strecke annimmt, so wird man auch bei dem Ideal der Linie und dem der Punkte angelangt sein müssen, und aus diesem doppelten Ideal der Linie und der Punkte einerseits und der unendlichen Anzahl der Punkte andererseits entsteht die ideale unendlich kleine Länge.

Für das Unendlichkleine, eine wie grosse Rolle es in der Wissenschaft auch gespielt hat und noch spielt, ist man im allgemeinen weniger empfänglich als für das Unendlichgrosse. Es ist für die Mathematiker, an die ich hier hauptsächlich denke, kein allgemeines Bedürfnis, zwischen dem Unbegrenztkleinen und der Null noch eine weitere Grössenstufe anzunehmen. Man entfernt sich eben nicht gern und nicht leicht von den durch die gesamte geistige Erziehung gebahnten Heerstrassen des Vorstellungsgebietes. Wäre dem Menschen der Anblick des gestirnten Himmels versagt, würde das Geschlecht troglodytisch in geschlossenen Räumen entstanden sein und sich entwickelt haben, würden seine Gelehrten statt teleskopisch die Fernen des Weltalls zu durchschweifen, gewohnt sein, lediglich mit dem Mikroskop die kleinsten Formbestandteile aufzusuchen und so mit ihren Gedanken in der Richtung des unmessbar Kleinen ins Grenzenlose vorzudringen: wer möchte zweifeln, dass dann das Unendlichkleine in unserem Begriffssystem dieselbe Stelle einnehmen würde, wie jetzt das Unendlichgrosse? — Dagegen hat in der mathematischen Physik das Streben, bis auf die kleinsten Elemente des Wirkenden zurückzugehen, zur Atomistik geführt, welche bei einer überwiegenden Anzahl von Autoren den Begriff des Unendlichkleinen gleichsam verkörpert, obschon allerdings andere Autoren über die Stufe,

die wir oben (S. 27) mit Corpuskeln bezeichneten, in der Richtung des Kleinen nicht hinausgehen.

Um es kurz zusammenzufassen, wird also die vorstellbare Folge von Längen in wachsender und abnehmender Richtung von zwei unvorstellbaren Wortvorstellungen abgeschlossen: dem Unendlichgrossen und dem Unendlichkleinen.

Soweit böte uns dieser Fall nichts Neues im Vergleich mit den zuerst vorgeführten Beispielen. Er lenkt jedoch die Aufmerksamkeit auf einen Punkt, dessen wir bis jetzt nicht erwähnten: Es ist die Frage nach dem wirklichen Vorhandensein des Absoluten, z. B. des Unendlichgrossen. Wir berühren diese Frage, die wir später noch eingehender und allgemeiner erörtern werden, an dieser Stelle nur, um den Gegensatz in der Weltanschauung des Idealisten und des Empiristen festzulegen.

In der That, wenn man die Existenzfrage stellt, wie es oben in dem Beipsiel mit der Menge der Gestirne geschah, oder wenn man nach den wirklichen Abmessungen des Raumes fragt, so sind nur zwei Antworten möglich.

Die eine Antwort ist ablehnend: Wir erklären achselzuckend, dass wir über das Vorstellbare hinaus nichts wissen können und auch nicht schliessen mögen, da wir eben kein Mittel haben, die Richtigkeit unserer Schlüsse zu prüfen. Wir können von der Menge der Himmelskörper rein nur das aussagen, dass sie uns unbegrenzt erscheint, wie die in den Raum erstreckte Gerade. Darüber hinaus sei alles leeres Wortgebilde.

Die andere Antwort besagt, dass, wenn es sich um die wirkliche Beschaffenheit der Welt handle, wir uns nicht auf das als vorhanden zu beschränken haben, was wir uns deutlich vorstellen können, sondern uns fragen müssen, ob ausserhalb unseres Vorstellens wahrscheinlich noch etwas vorhanden ist, unabhängig von dem uns zufällig in der Welt

vorhanden Scheinenden. Wir dürfen uns nicht fürchten vor den Schranken unseres Denkens, sondern können bis an sie hinantreten, um zu erkennen, dass jenseits etwas vorhanden ist, wofür wir doch wenigstens in verschiedenen Richtungen verschiedene Wortbezeichnungen aufstellen können. Wenn das ganze Geschlecht plötzlich vernichtet würde, so bestünde das Weltall sonst unverändert fort, und seine Dimensionen wären nach wie vor dieselben. Sie sind also ganz unabhängig von unserem Vorstellungsvermögen. Da sie mit unseren Maassen nicht messbar sind, so können wir sie nur mit einem Wort bezeichnen, welches dies besagt, und so sagen wir unendlich für etwas wirklich Vorhandenes, wenn auch noch so sehr der Vorstellung Entrücktes. Mit demselben Rechte glauben wir an die Existenz oder doch die Existenzfähigkeit des übrigen Absoluten, der absoluten Genauigkeit, Starrheit, Stetigkeit, u. s. f.

Wir sehen so zwei Weltanschauungen sich gegenüberstehen, zwischen denen keine Vermittelung denkbar ist. Der Idealist glaubt an das irgendwie beschaffene Vorhandensein unwahrnehmbarer, unvorstellbarer, durch unseren Denkvorgang erzeugter Wortabschlüsse von Vorstellungsfolgen. Der Empirist verwirft dergleichen unvorstellbare Abschlüsse und nimmt als vorhanden oder Vorhandenem entsprechend nur das in sein Denken auf, was vorstellbar ist.

Ich habe in meiner »Allgemeinen Functionentheorie« diese Unterscheidungen zuerst mit voller Genauigkeit aufgestellt und am Beispiel der mathematischen Grundbegriffe auf das sorgfältigste durchgeführt. Ich wählte die Form einer Art von Plaidoyer in eigener Sache zwischen dem Idealisten und dem Empiristen, unter diesen zwei Männer voraussetzend, die nicht allein gleich scharf und folgerichtig denken, sondern namentlich vor keinem Ergebnis ihres Denkens zurückschrecken.

Der Empirist schliesst seine Kritik des Idealismus mit den Worten: Dass unsere Sinneswahrnehmungen uns nur eine höchst unvollkommene Einsicht in das Wesen der Dinge gestatten können, wer bezweifelt es? Auch meine Gedanken flattern zuweilen ängstlich und sehnsuchtsvoll an dem Gitter des Endlichkeitskäfigs. Allein ich erblicke in dem Hange, die natürlichen Schranken unseres Vorstellungsvermögens mit unfassbaren Begriffsgrenzen zu überschreiten, eine Verirrung des Erkenntnistriebes und halte es für weise, wie andere Triebe, so auch diesen gelegentlich zu zügeln und mich zu bescheiden, wo tieferes Erkennen versagt ist.

Und der Idealist schliesst seine Verteidigung wie folgt: In der empiristischen Darstellung des psychologischen Vorgangs, der zu den Idealen führt, ist der unwiderstehliche Zwang nicht erwähnt, der uns nach gewissen Richtungen hin aus dem Gebiet des Vorstellbaren treibt. Ja, wenn wir diesen uns so natürlichen Gedanken nachhängen, so erblickt der Empirist darin eine Verirrung des Erkenntnistriebes. Diese seine Weltanschauung mag ihn vor mancher Täuschung schützen. Doch ist die Entsagung, welche er sich auferlegt, eben nicht jedermanns Sache. Indem er seinen Gedanken nur innerhalb solcher Vorstellungen und Begriffe freien Lauf lässt, welche Wahrnehmungen entsprechen oder daraus abgeleitet sind, handelt er wie der zahme Knabe, der den Zaun des Gartens nicht übersteigt. Der idealistische Gedanke, ein wilder Knabe, spottet der Schranken, nennt das ganze Vorstellungs- und Ahnungsgebiet sein eigen und liebt es, durch Gestrüpp und über Klippen weitausblickende Höhen zu ersteigen. Er wird sich verirren können, gewiss aber mehr zu sehen bekommen als der zahme Knabe.

Wir glauben hiemit den verborgenen Ursprung zweier verbreiteter, aber vielfach untermischt erscheinender Denkformen ans Licht gezogen zu haben. In Wirklichkeit haben nämlich die reinen Lehren des Idealismus und des Empirismus weder in der Vergangenheit noch in der Jetztzeit schwerlich auch nur einen völlig bewussten und consequenten Vertreter gefunden: Der eine hält das Unendlichgrosse für selbstverständlich, das Unendlichkleine dünkt ihm Unsinn; der andere hat an die absolute Natur des genauen Maasses nie gedacht und beanstandet es nicht, die absolute Starrheit lässt er aber nicht zu; wieder ein anderer hat einen wahren Abscheu vor Atomen und meint, die stetige Raumausfüllung werde ihm bessere Dienste leisten, u. s. f. Kurzum es zeigt sich bis auf den heutigen Tag eine Verwirrung in den Grundanschauungen, wie sie nur herrschen kann, solange das ordnende Princip eines Denkgebietes noch nicht entdeckt ist. Durch den Dualismus der Weltanschauungen werden aber im Gewirr der zufälligen Meinungen zwei ragende Banner aufgepflanzt, um welche vermutlich früher oder später die Mehrzahl der Denker sich schaaren wird. Vielleicht auch wird einst die Zahl der Unschlüssigen überwiegen, oder derer, welche solche Untersuchungen scheuen und mit einer Art von *sacrificium intellectus* die letzten Probleme auf sich beruhen lassen. Die Inconsequenten aber, welche jetzt die ungeheure Mehrzahl bilden, werden nur noch unter den Unkundigen zu treffen sein.

VII.

Atomistik und Fernkraft in Bezug auf Absolutes.

Wir wollen die im vorigen Abschnitt festgestellten Unterscheidungen auf die Atomistik anwenden und sodann prüfen, wie sie sich gegenüber dem Begriff der Fernkraft verhalten.

Wir haben im III. Artikel die Idee von der Stetigkeit der Raumausfüllung zuerst betrachtet. Wie sich aus jenen Erwägungen und den im vorigen Abschnitt ergiebt, ist die vollkommene Stetigkeit eine absolute Eigenschaft, die zu Widersprüchen führt. Sie ist eine idealistische Fiction und hat als solche Nichts an Anschaulichkeit und Begreiflichkeit vor allen übrigen Annahmen voraus. Es ist mithin nur eine Frage der Zweckmässigkeit für die Synthese, ob man lieber mit der Stetigkeit der Substanz oder mit Atomen oder dergl. die Erscheinungen construiren will.

Betrachten wir nun die Teilung der Körper in kleinere und immer kleinere Körperelemente, so werden wir, solange wir nicht von unendlichklein reden, im Gebiet des Vorstellbaren bleiben und empiristisch denken. Für die Mechanik reicht dies aus, denn alle Differentiale lassen eine empiri-

stische Deutung zu*), und mit den Integralen verhält es sich ganz ähnlich. Geht man aber zur Atomistik über, welche die Physik und Chemie schwerlich wird entbehren können, so tritt der empiristisch-idealistische Gegensatz auf.

Die Atomistik fasst (wie S. 26 u. folg. näher beschrieben) den Körper gleichsam als eine Staubwolke auf, welche aus äusserst kleinen Körperchen, den Corpuskeln, besteht, die man sich, wie wir schon sahen und hier noch näher erörtern, auch auf Punkte oder Atome zusammengezogen denken kann.

Verfolgen wir den Corpuskulargedanken nun weiter. Mit Fernkraft ausgestattet, möge das Corpuskel Synthesen mannigfacher Art gestatten. Diese werden uns aber nur dann befriedigen können, wenn den Corpuskeln selbst keine derjenigen substantiellen Eigenschaften zugeschrieben werden, zu deren Synthese wir sie gebraucht haben oder noch zu gebrauchen gedenken. Man würde einfach eine fehlerhafte Construction machen. Man kann auch folgerichtiger Weise von den Körpereigenschaften, wenn man sie einmal auf das Corpuskel überträgt, nicht nach Willkür einige fortlassen, indem man etwa dächte in der Vorstellungssphäre zu bleiben, wenn man den Corpuskeln z. B. die Volumveränderlichkeit versagte und ihnen Formveränderung gestattete, oder dergl.

Wir dürfen also keine der Körpereigenschaften, die wir erst construiren wollen, bei den Corpuskeln voraussetzen, wenn wir von unseren Synthesen völlig befriedigt sein wollen. Dadurch werden wir aber vor ein Ideal höchst eigentümlicher und zusammengesetzter Art gestellt: Das Corpuskel muss absolut starr und hart sein, für Temperatur ganz unempfindlich, u. s. f. Ja, wenn auch noch der Stoff, aus dem das Corpuskel

*) Wie ich dies in meiner »Allgemeinen Functionentheorie«, S. 132 u. folg. näher ausgeführt habe.

bestehen soll, in Frage kommt, so hätte man an die durch den *Prout*'schen Satz nahegelegte Urmaterie zu denken. Den Stoff des Corpuskels bildete alsdann eine Abstraction von allen specifisch verschiedenen Stoffen, die nur deren gemeinsame Eigenschaften besässe. Dieses so geartete Corpuskel ist also nach allen Richtungen hin ein idealistischer Abschluss von Vorstellungsfolgen körperlicher Eigenschaften, die sich abstufen, bis sie in ihm absoluten Charakter erhalten.

Wenn wir also, wie wir es auch anstellen mögen, unter der Annahme endlicher, hinreichend kleiner Körperelemente, die zu unserer Construction der Erscheinungen dienen, an der Grenze unseres Denkens zu idealistischen Fictionen gelangen, so ist es einerlei, ob wir noch einen Schritt weitergehen und auch die idealistische Grenze des geometrischen Körperbildes des Corpuskels aufsuchen, welches der körperliche Punkt, das Atom sein wird, — ein Raumpunkt, welcher von den umgebenden unterschieden wird, beweglich ist, welchem Beharrungsvermögen und dieselbe Wirkung auf die anderen Raumpunkte ähnlicher Art beigelegt wird wie dem Corpuskel, kurz, welcher das Corpuskel vollständig ersetzt, ohne wie dieses die Annahme einer Reihe von absoluten Eigenschaften der Substanz zu erheischen. Ich glaube, dass man auf die eine oder die andere Art stets bei dem idealen Atom anlangen wird. Es leistet eben als Elementarmechanismus dasselbe, wie das Corpuskel, und ist ein viel einfacheres Ideal.

Dies ist der Gedankengang, der ganz natürlich zur idealistischen Atomidee führt, wenn wir das Absolute nicht verwerfen, sondern, wie es sich darbietet, dem körperlichen Kräfteträger zueignen.

Die Durchführung des Empirismus ist notwendig künstlicher. Indem er dem constituirenden Substanzelement, wenn auch

noch so kleine, doch endliche Dimensionen geben muss, ist er gezwungen, auf das Corpuskel zurückzugreifen. Da er diesem auch die absoluten Eigenschaften absprechen muss, führt er es notwendigerweise ein als einen kleinen Körper mit den Eigenschaften der endlichen Körper. Dann aber tritt gerade das ein, was vermieden werden sollte, indem man zu dem Atom seine Zuflucht nahm: Der Empirist giebt seinem Corpuskel Eigenschaften, die eben erst zu construiren sind. So befriedigend daher auch in der reinen Mathematik die Dinge für den Empirismus sich gestalten mögen, — in der Atomistik findet er Schwierigkeiten. In noch höherem Grade wäre dies der Fall bei der Vorstellung stetiger Raumausfüllung. Denn hier ist gar nicht abzusehen, was unter »annähernd stetig« zu verstehen wäre. Kurzum es scheint mir wahrscheinlich, dass in den Grundlagen der Physik die idealistische Anschauungsweise die meisten Anhänger finden werde.

Immerhin aber bleibt bestehen, was ich schon bemerkte: Es ist wesentlich Sache der natürlichen Neigung, ich möchte sagen — des Temperaments, welcher Anschauungsweise man sich zuwendet. Der Empirist kann es trotz alledem vorziehen, sein Corpuskel beizubehalten; nur muss er dann auf die völlig durchgeführte Construction derjenigen Körpereigenschaften verzichten, die er schon bei den Corpuskeln voraussetzen musste. Er kann dann sein Corpuskel z. B. beliebig klein, über alle Maassen hart, beliebig wenig elastisch, u. s. f. annehmen und wird dadurch bei der weiteren Synthese dasselbe erreichen, wie der Idealist mit seinen Atomen. So kann er sich die Aufgabe stellen, mit Corpuskeln, welche die allgemein vorhandenen Eigenschaften der Körper, aber in einem ihrem absoluten Grade beliebig nahen Maasse besitzen, diese Eigenschaften in ihrem gewöhnlichen Vorkommen zu construiren. Damit möchte aber

das Ziel des Empirismus in der Naturwissenschaft in seinen allgemeinsten Umrissen angegeben sein.

Im ganzen ist das Ergebnis dieser Untersuchung folgendes: Die Atomistik kann sowohl idealistisch als empiristisch gedeutet werden und liefert unter beiden Gesichtspunkten brauchbare Constructionselemente. Dem gewöhnlichen Denken wird aber das idealistische Atom angenehmer sein als das empiristische Corpuskel.

Die Corpuskel oder Atome denkt man sich als Ausgangs- und Angriffsobjecte der Fernkräfte, durch die sie zu zusammenhängenden Körpern vereinigt werden und als solche in der Entfernung auf andere Körper wirken. Corpuskel und Atom mit den ihnen zugeschriebenen Fernkräften mannigfacher Natur bilden den, wie wir sahen, vielfacher Verwendung fähigen Elementarmechanismus der physikalischen Synthese. Es entsteht nun des weiteren für uns die Aufgabe, die Fernkräfte selbst der idealistisch-empiristischen Kritik zu unterziehen.

Hier haben wir das Kernproblem der metamechanischen Forschungsrichtung. Indem wir die atomistische Idee vom idealistisch-empiristischen Gesichtspunkte aus kritisch beleuchteten, erkannten wir, dass, welcher von beiden Anschauungsweisen wir auch hinneigen, wir für die Synthese brauchbare Kräfteeigner erhalten. Es fragt sich jetzt, wie die K r a f t aufzufassen ist, ob hier ebenfalls der idealistisch-empiristische Gegensatz besteht, d. i. ob auch sie zurückführbar ist auf idealistische Fictionen, auf den Begriff des Absoluten, der ja immer, mit gleicher Wirkung für die Synthese, empiristisch ersetzt werden kann durch das dem Absoluten beliebig Nahe.

Vergegenwärtigen wir uns in kurzer Uebersicht, wie wir

zur Erkenntnis unserer Unfähigkeit, die Fernkraft in vorstellbare mechanische Wirkungen aufzulösen, gelangten.

Indem wir auf zwei Körper im Raum allein unser Augenmerk richteten, handelte es sich bloss um die Frage: Kann ihr gegenseitiges Annäherungsbestreben durch Zug und Druck oder durch Stoss construirt werden? oder, worauf diese Unterscheidung hinausläuft, kann es durch stetige Verbindung oder durch sehr häufige unstetige Impulse entstehen? Die stetige Verbindung musste sogleich ausgeschlossen werden wegen der Forderung, dass diese stetigen Verbindungen sich bei Annahme mehrerer Körper durchsetzen müssten. Es bleiben nur die Stösse eines ätherartigen Mediums übrig, das aus Atomen kleinerer Art als jene zwei gegenüber befindlichen Körper besteht.

Hier mussten wir die möglichen Anordnungen dieser Stösse mustern und diejenigen Anordnungen hervorsuchen, welche eine der Fernkraft ähnliche Wirkung erzeugen konnten, von ihnen aber durch eingehende Prüfung nachweisen, dass sie doch noch nicht für die Construction ausreichten.

Nun würde bei den Stössen, wenn mit ihnen die Construction gelänge, in Frage kommen, ob der Stoss elastisch wäre oder nicht. Würde man Elasticität annehmen, so stünde man abermals vor Fernkräften; denn auf solche führt die Zergliederung der elastischen Wirkungen. Nähme man aber den Stoss unelastisch an, so hätte man es mit Absolutem zu thun, nämlich mit dem absolut Starren, und dieses bietet gerade beim Stoss die Schwierigkeit, dass es eben etwas aller Vorstellung Entrücktes ist, dessen Eigenschaften wir also eigens erfinden und ihm andichten müssten. Dies könnte zwar etwa auf die Weise geschehen, dass wir die Grenze von immer weniger Elastischem zu bilden suchten; doch läge auch darin immer eine

Willkür. So gelangten wir zu dem Schluss, dass mit Hilfe der Stösse der Körner des subtilen Mediums die Construction der Fernkraft nicht gelingt.

Ihr Nichtgelingen hat aber nur mechanische Gründe und hängt mit der Unvorstellbarkeit idealistischer Fictionen in keiner Weise zusammen. Wir können keinerlei Beziehung zu den Unterscheidungen, welche wir bis jetzt in verschiedenen Richtungen verfolgt haben, entdecken: Idealist und Empirist stehen gleich ratlos diesem Problem gegenüber. Wenn das mannigfache Absolute unersteigbaren Felsenspitzen gleicht, so ist die Fernkraft unnahbar wie der Mond. Es ist dies ein höchst merkwürdiges Ergebnis, das unseren früheren Ausdruck rechtfertigt, dass die Unbegreiflichkeit der Schwerkraft selbst unbegreiflich ist.

Doch verzweifeln wir nicht an uns selbst! Wenn wir auch die Fernkraft nicht begreifen können, so muss es uns doch schliesslich gelingen, die Stelle zu erkennen, an welcher unserem Denken das Eindringen versagt ist.

Unser Gedankengang war durch das Bestreben vorgezeichnet, die Fernkraft mechanisch zu begreifen. — Was heisst das? — Wir sagten: durch Zug und Druck oder durch Stoss; andere mechanische Bewegungsursachen als diese giebt es nicht (vergl. S. 39). — Aber worin bestehen denn diese Einwirkungen? — Nun, es sind äusserlich zusammengefasste Erscheinungsformen, Abziehungen von mannigfaltig von uns Gesehenem und Gefühltem, Vorgänge von keineswegs einfacher, elementarer Natur, zu denen wir physikalisch denkend erst hinabzusteigen suchen. — Was finden wir aber auf dem Grund angelangt? — Fernkräfte finden wir und weiter Nichts. Der Zug und der elastische Stoss (denn der unelastische existirt eben nicht) führen in der Theorie schliesslich stets und unabweislich

auf Fernwirkungen, wenn dieselben auch aus sehr geringer Entfernung stattfinden. Die analytische Mechanik, in der Form, wie sie gegenwärtig Lehrgegenstand ist, arbeitet mit Abstractionen, starren Linien, Flächen, Körpern, Seilen etc., die eben Grenzen sind von physikalischen Vorstellungen und für die Verhältnisse der Wirklichkeit in solche zurückverwandelt werden müssen, nachdem ihnen der absolute Charakter genommen.

Wenn wir nun festhalten, dass die Mechanik zuletzt in Zusammenfassungen von gewissen einfachen Klassen von Fernwirkungen besteht, die sie durch abstracte Körpereigenschaften ausdrückt und für die Rechnung zugänglicher macht, so muss es von vornherein als ein unlogisches Vorgehen erscheinen, die Fernwirkung mit Hilfe von Fernwirkungen erklären zu wollen.

Allerdings kann entgegnet werden, dass es doch immerhin von grossem Interesse wäre, wenn man die Fernwirkung in gewöhnlicher Entfernung durch Molecular-Fernwirkungen — und mithin schliesslich alle Bewegungsursache durch solche construiren könnte. Allein dem grossen aufregenden Problem scheint mir durch das Obige doch einigermaassen die Spitze abgebrochen. Und dass eine solche Construction nicht glücken will, ist eine Thatsache, die mehr nebensächlichen Charakter gewinnt, da, wenn sie glückte, ihr Ergebnis doch eben nur wäre: dass eine Fernwirkung mit einer anderen construirt wird, und man so in Bezug auf das Verständnis der Fernwirkung selbst auf dem alten Fleck bliebe.

Wir gelangen so zu der Einsicht, dass die Fernkraft etwas Gegebenes ist, was wir nicht auf einfachere Vorstellungen von irgend welchen Wirkungen der Substanz zurückführen können. Es ist die letzte Vorstellung von der Substanz überhaupt, da alle ihre Bethätigung mechanischer Natur in ihren

Fernwirkungen besteht. Der Träger der Fernkraft, den wir bereits zu einem Punkt, als für die Synthese genügend, sich zusammenziehen liessen, verliert also unser Interesse, und die Fernkraft tritt an seine Stelle.

In der That, wozu kann er uns dienen, dieser Träger der Kraft? Er ist unvorstellbar, nötigt uns, ihm die undenkbarsten Eigenschaften beizulegen, er ist eine verkörperte Abstraction; und zu alledem kommt, dass er uns nichts nützt, da alle Wirkung der Substanz, soweit wir bis jetzt sie zu zergliedern vermochten, auf die Kraft zurückführbar ist.

Wenn dies für das mechanisch-physikalische und wohl auch für das chemische Erscheinungsgebiet gilt, so mögen für die weiteren Erscheinungsgebiete des Lebens und Denkens vielleicht andere, ebenso elementare Vorgänge wie die Fernkraft, über die wir nicht hinauskommen können, einst an den Tag treten. Durch die Erfahrung, die wir bei der Fernkraft machten, wird es wesentlich erleichtert werden, ihre Natur zu erkennen.

So gelangen wir, und dies ist ein ergreifendes Ergebnis, zu einer Vorstellung, welche ganz der Ansicht entspricht, die *Newton* zuerst über die Schwerkraft sich bildete, und zu der er, wie es scheint, nach mancherlei gescheiterten Versuchen, sie mechanisch zu construiren, schliesslich zurückkehrte, nämlich dass sie eine immanente Eigenschaft der Materie ist, die sich von ihr nicht trennen lässt durch Hinwegdenken mechanischer Einflüsse, denen ihre Teilchen unterworfen angenommen werden. Wenn wir beachten, dass die unserer Beobachtung wohl immerdar unzugänglichen stofflichen Eigner der Fernkräfte, die wir ja beliebig klein denken können, im Grunde nur formal, des bequemeren Ausdrucks wegen, von uns beibehalten werden und für unsere Synthese vollkommen über-

flüssig sind, so besagt dies, dass die Fernkraft das Einzige ist, worauf es ankommt, dass sie — die Materie ist: Fernkraft und Materie sind Eins. Und hiemit sind wir an einem Abschluss unserer Erwägungen angelangt, bei dem wir uns beruhigen müssen, weil wir nicht anders können.

Die Fernkraft ist also nicht ein Wort für Unvorstellbares, mit dem wir die Grenze unseres Vorstellens überschreiten, und lässt sich auf dergleichen auch nicht zurückführen, sie ist vielmehr der wirkliche Inhalt unseres mechanisch-physikalischen Substanzbegriffs. So können wir unser Ergebnis auffassen, so deuten wir, was *Newton* mit unfehlbarem Tiefblick im Anfang seiner Entdeckerlaufbahn über die Natur der Fernkraft aussprach.

Daher ist das fernwirkende Atom als Grundbegriff, d. i. als letzte Abziehung des Körperlichen im mechanisch-physikalischen Erscheinungsgebiet auch der einzig denkbare letzte Elementarmechanismus der Synthese dieses Gebietes.

Es ist gewiss bemerkt worden, dass wir die Frage nach dem wirklichen Vorhandensein unserer Gedankengebilde nur einmal (S. 90), um den idealistisch-empiristischen Gegensatz in der Weltanschauung besser zu kennzeichnen, berührten, im übrigen aber geflissentlich den Standpunkt eines Forschers einhielten, der seine Befriedigung in der gelungenen Nachbildung des Beobachteten durch Constructionen mit selbstgewählten Elementarmechanismen sucht, nicht aber in der »Erklärung« des Erscheinens, d. i. in seiner Zurückführung auf eine möglichst geringe Zahl solcher Thatsachen, die wir nicht weiter zu erklären das Bedürfnis haben. Ich habe schon oben (S. 13 u. folg.) den Unterschied zwischen jenem Construiren und diesem Erklären besprochen.

Wir könnten nun den Eindruck hervorgerufen haben, als ob wir mit einem gewissen leichten Sinn auf den bezeichneten Standpunkt uns gestellt hätten, und als ob diese Auffassung des Forschens zu mehr kurzweiligen als bedeutungsvollen Ergebnissen führen würde, kurz, als ob wir mehr den schönen Schein als das ernste Sein als Ziel der Forschung hinstellen wollten. Man könnte allerdings hierauf bemerken, dass die tiefe Befriedigung, das entzückte Staunen, mit welchem uns eine gelungene Construction wie die der Planetenbewegung auf Grund der *Newton*'schen Fernkraft oder die kinetische Gastheorie erfüllt, an sich schon ein würdiger Gegenstand des Mühens ist, ähnlich dem Streben des Künstlers uns zu erfreuen und zu begeistern. Indessen wollen wir dies jetzt bei Seite lassen und wollen uns zu der Frage nach der Wirklichkeit unserer Synthesen wenden. Wir werden zu allgemeinen Gesichtspunkten hierüber gelangen, indem wir uns geradezu dieses höchste Problem aufstellen:

In welchem Umfang kann uns der Inhalt des Weltalls durch unsere Wahrnehmungen und durch unseren Denkprocess offenbart werden?

Wir wollen uns einigen Ueberlegungen hingeben, welche diese Frage anregt, wollen dabei aber einen von unseren bisherigen Betrachtungen zunächst unabhängigen Weg einschlagen, auf dem wir, so viel an uns liegt, keine Voraussetzung unseres Erkennens unerwähnt lassen.

VIII.

Ueber Weltanschauungen.

Weltanschauung ist ein echt deutsches Wort, das nur künstlich und nicht bis zu völliger Deckung sich in andere Sprachen kurz übertragen lässt. Man möchte daraus schliessen, dass deren Nationen nur eine Weltanschauung besitzen, nämlich die natürliche, oder wie ich sie lieber nenne, die naive. Freilich eignet sich auch keine Sprache so gut zu neuen Wortbildungen für abstracte Begriffe, wie die deutsche. Ist aber die an den Gedanken so leicht sich anschmiegende Natur unserer Sprache nicht vielleicht eben aus unserer besonderen, durch die politischen Schicksale unserer Nation wenigstens geförderten Neigung und Anlage zum Nachdenken über die abgezogensten Weltprobleme hervorgegangen? — Jedenfalls verdanken wir dieser Gabe neben der naiven Weltanschauung eine Fülle anderer »Weltsysteme«. Mag unsere philosophische Speculation auch mitunter zuviel gefüllte Blüten treiben, mag ein sonderbares Weltsystem, das auftaucht, bald durch ein noch eigentümlicheres überboten werden, — es beruht auf diesem üppigen Spriessen der Ideen ein nicht genug zu preisendes Gut: die völlige Ungebundenheit des Denkens, dessen Ergebnisse, Dank dem bei keiner anderen Nation ähnlich grossen Sinne unseres deutschen Buchhandels, jederzeit auch zur Kenntnisnahme der Leserwelt gelangen können. Was immer

ergrübelt wird, kann im Druck erscheinen, wird bewundert, belacht, vergeht oder besteht.

In der That kennt unser Denken keine Schranken, als die es sich selbst auferlegt, und gerade je ungebundener wir uns fühlen, desto mehr regt sich in uns das Bedürfnis, selbst die Schranken aufzusuchen, die in der menschlichen Natur begründet sind. Hierdurch ist unserer philosophischen Forschung ein grosses Problem gestellt, und wer sich damit befasste, zog aus seiner Tiefe manchen folgenschweren, befruchtenden Gedanken.

Sehen wir nun zu, was nach dieser Richtung in Bezug auf unser naturwissenschaftliches Erkennen sich zunächst ergiebt.

Die naive Weltanschauung, mit der wir unsere Betrachtung beginnen, lässt sich, wie allgemeine Begriffe überhaupt, nicht genau abgrenzen. Doch wird man naiv diejenige Weltanschauung zu nennen haben, welche die Dinge auffasst, wie sie scheinen, und sie deutet, wie das Geschlecht es gewohnt ist. Sie lässt die Wahrnehmungen auf sich wirken, wie das Kind eine Theatervorstellung, das nicht danach fragt, was hinter den Coulissen vorgeht. Es ist die Weltanschauung des Tieres und des Menschen im allgemeinen, einschliesslich des Gebildeten gewöhnlichen Schlags, namentlich des Fremdlings in der Naturwissenschaft, übrigens auch die des tiefsten Philosophen, wenn er z. B. aus dem Schlafe erwacht, sich zu Tische setzt oder seine Gattin umarmt. Es ist die Weltanschauung des Feldherrn in der Schlacht, des Fürsten auf dem Thron, der glücklichen Braut, der zärtlichen Mutter. In den Rahmen der naiven Weltanschauung gehört die Geschichte der Völker, ihre Kunst und ihre schöne Litteratur.

Wenn man der naiven Weltanschauung ebensowenig wie

anderen allgemeinen Inbegriffen scharfe Grenzen ziehen kann, so tritt bei ihr noch hinzu, dass sie sich ohne Zweifel mit der Zeit verändert. Zu ihrem Bestand gehören allerdings die Denkformen der grossen Begriffe wie Raum und Zeit, und viele andere, welche von jeher Gemeingut des Geschlechtes sind; aber sie nimmt auch beständig aus dem vorrückenden Wissen Vorstellungen in sich auf, die ihr früher nicht zugehörten, wie z. B. die Kugelgestalt der Erde, das heliocentrische Bewusstsein, u. s. w. So ist sie beständigem Wandel unterworfen und folgt von ferne der erobernden Forschung. Weiter wird man von der naiven Weltanschauung nicht die religiösen Ideen ausschliessen wollen, die ebenfalls dem Wechsel unterliegen. Ihr Ursprung, der im antiken Götterglauben sich verrät, möchte sein, dass der Mensch, wie er gewohnt ist, seinem Willen Bewegungen in der Aussenwelt folgen zu sehen, auch einen willenbegabten Urheber da vermutet, wo er von seinem eigenen Willen unabhängige Bewegungen oder Vorgänge wahrnimmt. Denn sowohl der Begriff der mechanischen Kraft, als die teleologische Idee gehören entwickelterer Speculation an. Nun, welche mächtige Wandelung in der Anschauung der Massen bezeichnet der Uebergang von der antiken religiösen Anschauung zur monotheistisch-christlichen mit ihrer idealistischen Auffassung!

Die naive Weltanschauung wird eben gestört durch das Streben, das natürliche Erscheinen in einfacheres und gesetzmässiges aufzulösen mit Hilfe von Beobachtung, Versuch, Rechnung und Messung. Wenn man in dem Rot der Wangen ein von roten Blutkörperchen durcheiltes engmaschiges Netz von Capillargefässen, oder im Farbenspiel des Schmetterlings die graugefärbten Schuppen mit dem Farbenreflex dünner Blättchen sieht, so scheint dies, wie so vieles andere durch

das Mikroskop uns Offenbarte, schon nicht mehr naiv. Oder wenn wir uns das auch für mikroskopisches Sehen homogene Metall als den Sitz der magnetischen oder das Strombett der elektrischen Flüssigkeiten denken, so möchten wir naiver Anschauungsweise noch mehr entrückt sein.

Am gründlichsten aber und unwiederherstellbarsten, scheint es, wird die naive Weltanschaung zersetzt, nein, sie wird zerfressen durch die Vorstellungen und Begriffe, welche die mechanische Forschung erzeugt. Indem diese in das Stoffinnere niedersteigt, setzt sie an die Stelle des natürlichen (auch mikroskopischen) Erscheinens mechanische Abziehungen in Gestalt einfachster Mechanismen, aus welchen sie das Substrat unserer Wahrnehmungen aufbaut: Die roten Wangen, der Schmetterling, alles Stoffliche überhaupt, lösen sich zuletzt auf in Molecüle, die aus Atomen bestehen, in deren Zwischenräumen die Imponderabilien ihr Wesen treiben, und alle Bewegung wird entweder durch die geheimnisvollen Fernkräfte erzeugt, oder durch Wirkungen, welche wir noch nicht auf ihren einfachsten Ausdruck gebracht haben oder noch gar nicht kennen.

Und doch kann die eben geschilderte Gedankenwelt noch eine wesentliche Eigenschaft, ja das eigentlich Kennzeichnende der naiven Weltanschauung enthalten, in welcher auch der tiefsinnigste Forscher völlig befangen sein kann. Ich meine die Gleichartigkeit des Erscheinens und der in die Erscheinung hineingetragenen atomistischen Idee einerseits mit dem Wirklichen andererseits. Verfolgt man aber diesen Gedankengang weiter, besonders in der Richtung der metamechanischen Vorstellungsgrenzen, also des Unvorstellbaren und Unbegreiflichen, so wird die naive Anschauung schliesslich von Grund aus zerstört, man sieht sich vor eine äusserste und endgültige Schranke geführt, die unserer Erkenntnis gesteckt ist, und ein Gesichtspunkt wird gewonnen, von

dem aus alle früheren Anschauungsweisen, die mikroskopische, ja die mechanische Vertiefung unserer Weltvorstellung, als naiv erscheinen; es drängt sich die unabweisliche Ueberzeugung auf von etwas ewig unvorstellbar Vorhandenem. Ich will es das **physische Jenseits** oder auch die **extraphänomenale***) Welt nennen, wenn ich unser denkendes Ich davon ausschliesse, und nur darunter verstehen will, was ausser uns ist, während ich mit **Wirklichkeit** die Gesamtheit des Vorhandenen, unser Ich eingeschlossen, bezeichne, — Begriffe, die alsbald vollkommen einleuchten werden.

Indem ich dazu übergehe, zu zeigen, wie man zu dieser Anschauung eines physischen Jenseits gelangt, beginne ich damit, gewisse wesentliche Voraussetzungen, die der naiven Weltanschauung zu Grunde liegen, scharf herauszuheben. Teils werden sie in etwas veränderter Form Ausgangspunkte auch jeder nicht naiven Weltanschauung, die ernstlich in Frage kommen kann, sein müssen, teils kommen sie der naiven Weltanschauung als eigentliche Merkmale zu. Sie lauten:

1. Unsere Wahrnehmungen sind keine Traumbilder.
2. Es giebt für jedes denkende Wesen uns bekannter Art ein Ich und ein Ausserich, zwischen denen seine Körperoberfläche die Grenze bildet, und im allgemeinen (d. i. gewisse Grenzfälle ausgenommen) deuten wir unsere Wahrnehmungen in Bezug darauf, ob sie vom Ich oder vom Ausserich herrühren, richtig.
3. Es bestehen unseren Wahrnehmungen und dem von uns

---

*) Man stosse sich nicht an der Zusammensetzung von Worten aus zwei verschiedenen Sprachen. Geschieht dies doch beständig in der Verkehrs- und der Gelehrtensprache, indem man Worte aus der deutschen und einer anderen Sprache zusammensetzt.

logisch daraus Erschlossenen gleiche oder doch entsprechende Existenzen und Vorgänge in der Aussenwelt, die uns befriedigen würden, wenn wir sie sinnlich wahrnehmen könnten.

Diese dritte Voraussetzung, welche die naive Anschauung vor allem kennzeichnet, ist es gerade, welche durch die extraphänomenale aufgehoben wird, und wir untersuchen sie alsbald. Die zwei ersten Voraussetzungen kommen auch jeder anderen vernünftigen Weltanschauung zu; doch bedürfen sie näherer Ausführung.

Zunächst ist klar, dass sie nicht unabhängig von einander sind, sondern ineinandergreifen. Denn der Begriff Traumbilder setzt doch schon das Ich und das Ausserich voraus, da man darunter in unserer Seele erzeugte Vorstellungen versteht, die wir in gewissen Zuständen für wirklich halten, denen aber kein unabhängig von uns Vorhandenes entspricht. — Der Gedanke, dass unser Leben ein Traumleben, eine Kette von Traumvorspiegelungen sei, ist vielfach angeregt und erörtert worden. In der That, wenn Jemand sich einreden will, dass unser Wachen und Träumen nur Abstufungen desselben Zustandes sind, und dass wir gelegentlich in einen Traum höherer Ordnung geraten können, der zu unserem Wachen sich verhält, wie dieses zu unserem Schlaftraum, so kann ihm nicht bewiesen werden, dass seine Annahme unmöglich ist. Wir können vielmehr, wenn wir ihn gemäss unserer naiven Weltanschauung im Irrwahn befangen erachten wollen, ebenfalls nur annehmen, dass er es ist. Setzen wir aber voraus, dass es ein Ich und ein Ausserich giebt, und dass wir im gesunden Zustande über den Ursprung unserer Wahrnehmungen, ob er im Ich oder im Ausserich liege, im allgemeinen (Grenzfälle d. i. Sinnestäuschungen, bei welchen wir die Ursache des Wahrgenommenen fälschlich nach aussen verlegen, ausgenommen) uns

nicht täuschen, so ist damit die Traumhypothese schon im voraus verworfen.

Indem wir jedoch die Traumbilder in unserer Seele entstehen liessen, machten wir fast unvermerkt eine neue Voraussetzung, nämlich die des Vorhandenseins unserer Seele. Und so mögen wir denn gleich klar und unumwunden die Grundhypothesen der naiven Weltanschauung ihrem eigentlichen Inhalt nach darstellen.

Sie betreffen zunächst das Ich. Wir unterscheiden unsere Seele und unseren Körper, gleichviel in welcher Beziehung sie zu einander stehen. Wir unterscheiden sie eben. Unter Seele verstehen wir das bewusste Ich mit seinen Wahrnehmungen und Empfindungen, seinen Vorstellungen und Erinnerungen, seinen Urteilen, Stimmungen, Strebungen, endlich seinen Willensacten in der Richtung des Begehrens oder der Abwehr. Unser Körper wird uns sodann durch unsere Empfindungen und unsere Willensacte in seinem Gegensatz zur Aussenwelt kund. Er steht übrigens zur Aussenwelt in geringerem Gegensatz als beide zu unserer Seele. Denn wir nehmen unseren Körper und die Körper anderer Individuen wahr wie andere Gegenstände des Ausserichs, während unsere eigene Seele unserem Bewusstsein näher steht als unser Körper, und wir andere Seelen nur durch die lückenhaften Mittel der Sprache, der Geberden, des Gesichtsausdrucks u. s. w. beobachten können.

Wenn diese Voraussetzungen allerdings die Traumidee ausschliessen, so lassen sie doch die Möglichkeit zu, dass wir verschiedener Grade der Erkenntnis fähig sind, deren einen unser gegenwärtiges Erkennen bildet, — eine Möglichkeit, die auch keine weitere Untersuchung über den Umfang unserer Erkenntnis beeinträchtigt.

Wir stellten schon oben (S. 104) die Frage, als Gegenstand späterer Erörterungen:

In welchem Umfang kann uns der Inhalt des Weltalls durch unsere Wahrnehmungen und durch unseren Denkprocess offenbart werden?

Dieses Grundproblem menschlicher Erkenntnis ist nicht einer mathematischen Aufgabe vergleichbar, welche eine die Frage erschöpfend beantwortende Lösung zulässt. Das Problem soll vielmehr nur dem Nachdenken über die Ziele des Erkennens die Richtung vorzeichnen, und seine Lösung mag als asymptotisches Ziel der erkenntnistheoretischen Forschung angesehen werden. So sollen die folgenden Erwägungen auch nur auf das Nächstliegende den Blick lenken.

Da von einem Begreifen der Natur nicht die Rede sein kann, bevor nicht alle ihre Erscheinungen der Art nach bekannt sind, so entsteht zunächst die Frage, ob die empirische Forschung wahrscheinlich einmal an einem Punkt anlangen wird, wo sie nicht mehr erwarten kann, neue Gattungen von Naturerscheinungen zu entdecken, und wo sie der mechanischen Synthese alle weitere Arbeit überlassen müsste. Nun diese Frage lässt sich mit einigem Rechte verneinen. Bedenken wir, dass das Unbegrenztgrosse und das Unbegrenztkleine die unermesslichen Magazine sind, deren Inhalt an Erscheinungen das Experiment allmählich an das Licht unserer Sinneswahrnehmungen zieht, so wird man keine stichhaltigen Gründe dafür finden, dass diese Magazine in endlicher Zeit entleert werden könnten.

Dem widerspricht die bisherige Erfahrung durchaus nicht, welche vielmehr an zahlreichen Beispielen zeigt, wie fort und fort neue Phänomene aus dem Dunkel auftauchen, zumeist an Stellen, wo man es am wenigsten vermutet hätte. Kaum wähnt

die mechanische Forschung, während einer der kurzen Pausen der entdeckenden Empirie, in einem abgeschlossenen Kreis von Erscheinungen sich ihren synthetischen Bestrebungen gemächlich hingeben zu können, so sieht sie sich plötzlich wieder vor neue und fremdartige Erscheinungen gestellt und genötigt, ihre Voraussetzungen zu ändern, oder gar weitere Entdeckungen abzuwarten, bevor sie ihre Arbeit wieder aufnehmen kann.

Es ist nicht der geringste Grund, anzunehmen, und ist unseren Nachkommen nicht einmal zu wünschen, dass es je anders kommen werde.

Aber in dieser Unerschöpflichkeit des empirischen Stoffes, zu der hinzutritt, dass dem menschlichen Forschen nicht einmal eine unbegrenzte Frist gewährt zu sein scheint, wollen wir keine eigentliche Grenze der menschlichen Naturerkenntnis erblicken. Es kann als ein äusserliches Schicksal angesehen werden, das dem Geschlecht wie dem Einzelnen beschieden ist, dass wir nicht alles, was zur Erscheinung kommen kann, wirklich werden erscheinen sehen. Wir könnten aber trotzdem meinen, dass, wenn einmal das gesamte Erscheinungsgebiet in den Kreis unserer Vorstellungen gezogen wäre, wir auch das Zeug dazu haben würden, ihm unseren Denkvorgang bis zum völligen Begreifen anzupassen.

Ich bin längst mit mir vollständig im Reinen darüber, welches unsere Aussichten auf ein solches Begreifen sind. Ich glaube, wir haben deren keine. Die Erwägungen, welche mir diese Zweifel einflössen, gelten den unvollkommenen Vorstellungsarten und unbegreiflichen Thatsachen, die wir bereits kennen gelernt haben, und die ihrer Natur nach uns nie werden befriedigen können.

Sehen wir also ab von der als nicht so wesentlich aufzufas-

senden grossen Unwahrscheinlichkeit, dass die Empirie ihrem Werk je den Schlussstein aufsetzen könnte. Nehmen wir vielmehr an, das Ziel der empirisch-mechanischen Forschung sei erreicht: man vermöge alle Erscheinungen auf gewisse einfache Grundvorstellungen zurückzuführen. Gesetzt nun, dieses Naturbegreifen befriedigte uns vollkommen und liesse für keine Frage mehr Raum, so wäre es möglich, dass das Erscheinen der Wirklichkeit entspräche und sie erschöpfte. Wenn dagegen die empirisch-mechanischen Vorstellungen uns nicht befriedigen und es nachweislich nie können, so muss es unter allen Umständen ein extraphänomenales Gebiet geben.

Denn es unterliegt keinem Zweifel, dass ein Geist, der Alles kennte, was bei einer Erscheinung mitspielt, in Bezug auf sie durchaus befriedigt sein müsste, genau so, wie wir befriedigt werden, wenn es uns gestattet ist, den Künsten eines Taschenspielers von der Bühne aus zuzusehen. Wenn wir nun von dem, was wir erkennen, uns nicht befriedigt fühlen und uns nie befriedigt fühlen werden, so ist zweierlei möglich: erstens, dass wir nicht alles kennen, zweitens, dass wir zwar alles zu kennen glauben, dass aber die Succession oder die Verknüpfung des Erkannten bis zu dem zu begreifenden Erscheinen uns nicht befriedigt. Doch läuft die zweite Möglichkeit unstreitig auf die erste hinaus. Denn falls die Verknüpfung uns nicht befriedigt, fehlen ihr gewisse Mittelglieder, die für unser Begreifen erforderlich sind, und so ist wieder nicht alles zum Begreifen Nötige bekannt. Wenn aber ausser dem uns als bekannt Erscheinenden noch Weiteres, uns nicht Bekanntes als vorhanden angenommen werden muss, so ist damit der Beweis eines extraphänomenalen Vorhandenseins erbracht.

Der Erfolg des Beweises hängt also lediglich davon ab, ob

es gelingt, Vorstellungen anzugeben, welche das Denken nicht vermag mit befriedigenden Endvorstellungen in natürlichen Zusammenhang zu bringen.

Nun man wird nicht in Verlegenheit sein, dergleichen zu finden.

Als erste bietet sich die Fernkraft dar: Entweder gelingt ihre Synthese auf Grund absoluter Eigenschaften des die Bewegung Uebertragenden; dann sind die absoluten Eigenschaften vorstellungsfremd und können uns nicht befriedigen. Oder sie gelingt mit Hilfe körperlicher Eigenschaften, welche man die absoluten Grenzen nicht erreichen lässt; dann verlangen wir diese körperlichen Eigenschaften zu construiren, wodurch wir schliesslich wieder auf Absolutes und auf Fernkräfte geführt werden. Oder endlich es gelingt, wie wir behaupteten, überhaupt nicht, die Fernkraft mechanisch zu construiren; dann sind wir sofort am Ziele.

Zum zweiten betrachten wir den Eigner der Fernkraft, das Corpuskel oder Atom: Entweder wird es mit absoluten Eigenschaften ausgestattet, als Corpuskel mit absoluter Starrheit; dann ist es unvorstellbar. Oder es wird als Körper mit Substanzeigenschaften angesehen; dann sind wir nicht am notwendigen Abschluss unseres Denkens angelangt, und von Befriedigung kann keine Rede sein. Oder endlich man denkt sich darunter einen dimensionslosen Punkt; dann steht man vor einem Ideal.

Aehnlich ist das Verhältnis überall, wo eine Vorstellungsfolge keine vorstellbare Grenze hat, also stets, wenn sie bei Absolutem anlangt. Das Absolute bildet nicht allein die Grenze unseres Vorstellens, es liefert uns auch den Beweis, dass die Welt mit unserem Vorstellen noch nicht zu Ende ist. Die mannigfaltigen Formen des Absoluten sind

nicht etwa Fenster unseres Vorstellungssystems, welche einen Ausblick in die extraphänomenale Welt gestatten, sie lehren nur, wie undurchdringlich die Mauern unseres intraphänomenalen Gefängnisses sind.

Ich erinnere noch an die Vorstellungsabschlüsse: unendlich gross und unendlich klein, die beide für den Idealisten existiren.

Wenn wir uns übrigens bis jetzt auf verhältnismässig wenige, doch um so schlagendere Beispiele beschränken mussten, so darf eben nicht vergessen werden, dass wir ersichtlich ganz im ersten Anfang der mechanischen Forschung begriffen sind, von der erst sehr wenige Erscheinungsgebiete in Angriff genommen sind; im Anorganischen ist namentlich das ungeheure Gebiet des Chemischen und Chemisch-Physikalischen, im Organischen aber geradezu Alles noch jungfräulicher Boden. Wie so dürftig sind dermalen unsere mechanischen Ergebnisse, verglichen mit dem unermesslichen Vorrat an Unerforschtem um und in uns! Wieviel Grenzen des Denkens, ähnlich der Fernkraft und dem Atom, mögen bei fortschreitender Forschung sich uns noch aufdrängen!

Gewiss ist aber dies: Sobald wir nur einmal an irgend einer Stelle unseres Vordringens auf das Extraphänomenale, auf das physische Jenseits mit Sicherheit stossen, ist sein Vorhandensein erwiesen, und dann ist seine Ausdehnung gegenüber unserem intraphänomenalen Wahrnehmen ganz unabsehbar, und wir müssen es als eine *terra nunc et in aeternum incognita* in den Bereich unseres Denkens einführen.

Auch ohne den Weg über das Absolute zu gehen, entsteht durch natürliche Gedankenverbindungen die Idee von einem physischen Jenseits. Doch muss man hier deutlich unterscheiden zwischen dem Gemeinplatz, dass wir die Wirklich-

keit noch nicht haben, ihr aber fort und fort uns nähern mögen, und jener Wirklichkeit, die wir nie erreichen können. Wir widmen dieser Unterscheidung noch einige Zeilen.

Wir denken mit den Vorstellungen, die wir oder das Geschlecht aus unmittelbaren Wahrnehmungen gewonnen, und mit den aus den Vorstellungen abgezogenen Begriffen. Mag die empirisch-mechanische Forschung noch so viel Neues ans Licht ziehen, es sind immer nur Vorstellungen, die wir zu den vom Geschlecht oder von uns erworbenen hinzufügen. Wir sind völlig ausser stande, uns eine Idee davon zu machen, was in Wirklichkeit dahinter steckt; denn unser Vorstellungsbild von den Dingen verändert sich selbst unaufhörlich durch die empirisch-mechanische Forschung, so dass man annehmen und sich dabei beruhigen könnte, dass das Vorstellungsbild sich asymptotisch der Wirklichkeit nähert. Aber ebensogut kann man annehmen, dass die Wirklichkeit weder mit dem jetzigen noch mit irgend einem späteren Vorstellungsbilde irgend etwas gemein hat, dass wir bei unaufhörlicher Forschung dem Wirklichen ebensowenig uns nähern, wie wir unseren Schatten einholen können, dass die Wirklichkeit von uns stets ebenso entfernt bleibt, wie das Ende des Raums, falls wir in einer Richtung unausgesetzt vordringen könnten. Dass es sich in der That so verhält, zeigen mit Notwendigkeit erst die obigen Betrachtungen über das Absolute und das Unendliche.

Diese Unerforschlichkeit des Wirklichen erscheint nun beinahe selbstverständlich. Es liegt aber in unserer Natur, sie schwer zu bemerken und sie nachher beständig zu vergessen. Wohl zu unserem Glück, denn der Gedankengang, den wir hier verfolgen, ist einer der trostlosesten und unheimlichsten. Unser Denken, das in nebelhaft gleichförmigem Vordringen sich abmüht, kommt dabei, wie gelähmt, nicht von der Stelle.

Wir müssen uns gleichwohl an den Gedanken gewöhnen, dass wir unvermögend sind, die Wirklichkeit zu erkennen. Diese Grenze muss uns ebenso vertraut sein, wie die Grenze unseres Daseins. So bilden sie gemeinsam das grausame Schicksal des Menschen. Ueber die Grenze seines Lebens sucht er durch den Glauben an ein Jenseits der Seelen sich hinwegzusetzen, dem die Hoffnung sich anschliessen kann, dass er dann, göttlicher Einsicht näher, auch das physische Jenseits erschauen werde.

Die allgemeine Vorstellung, welche wir von unserem Ich und seiner Erkenntnis von dem Weltganzen erhielten, kann wie folgt kurz zusammengefasst werden:

Unser Ich befindet sich gleichsam in einer dreifachen Welt, oder in einem dreifachen Gehäuse.

Wir haben erstens die Welt der blossen unmittelbaren Wahrnehmungen und ihrer Gedächtnisvorstellungen, die noch durch das Denken unverarbeitet sind, etwa wie diejenigen eines Menschen, der bis zum zwanzigsten Jahre traumlos geschlafen hätte und dann mit als vollständig ausgebildet vorauszusetzenden Sinneswerkzeugen erwacht wäre. Er würde die Organe zur Begriffsbildung besitzen, besässe aber die Begriffe noch nicht.

Die zweite Welt enthält ausserdem noch alles, was das Denken aus den unmittelbaren Wahrnehmungen und den ihnen entsprechenden Vorstellungen macht, die Vorstellungsfolgen und Begriffe. Sie enthält unsere Gesamtvorstellung von der Welt des Erscheinens.

Die dritte Welt ist die Wirklichkeit, oder die extraphänomenale Welt, das physische Jenseits samt unserem Ich; sie umfasst die vorstehenden beiden Inbegriffe, denn zum wirklich Vorhandenen gehören jedenfalls auch unsere Geistesproducte.

Vergleichen wir diese drei Welten, die der reinen Wahrnehmungen, der Vorstellungen und Begriffe, und der Wirklichkeit, so fällt uns eine Aehnlichkeit in der Beziehung der ersten zur zweiten und der zweiten zur dritten auf. Falls wir nämlich die Organe zur Begriffsbildung nicht besässen, so würden wir von der ersten zur zweiten Weltanschauung nicht gelangen können. Es würde uns das Vermögen fehlen, die Vorstellungen anzuordnen, wir würden z. B. den Raumbegriff uns nicht bilden können und so nun und nimmermehr zum Bild der Welt gelangen, wie sie uns e r s c h e i n t, und wie sie notwendigerweise auf die eine oder andere Art der Wirklichkeit zugeordnet ist. Wir stünden also mit unseren blossen Wahrnehmungen der Weltvorstellung zweiter Stufe gegenüber genau so, wie wir mit deren Vorstellungen und Begriffen der wirklichen Welt gegenübergestellt sind. Für diese fehlt uns eben das Organ. Es versagt an den entscheidenden Punkten.

Solcher Vergleich scheint mir sehr lehrreich, und geeignet, Licht über diesen, unserem natürlichen Denken zuwiderlaufenden Gedankengang zu verbreiten.

Wenn man, wie ich glaube wahrscheinlich machen zu können, angeborene Organe für die grossen, unser Vorstellen ordnenden Begriffe besitzt, wie z. B. für den R a u m b e g r i f f: so denke man sich, gerade für diesen fehlte Jemandem das betreffende Organ *). Wie würde ihm alles erscheinen? wie würde er sich bewegen? Nie würde er sich ein Bild machen können von dem, was unserer naiven Anschauung Wirklichkeit dünkt. Es würde ihm das ganze auf der Retina entworfene Bild platt

---

*) Farbenblindheit oder ähnliche Defecte liefern keinen so schlagenden Vergleich. Doch könnten Hrn. *Goltz'* Versuche über den Orientirungssinn wohl ein Bild von dem Fehlen wenigstens eines Teils des Raumbegriffs liefern.

vor dem Gesichte liegen wie eine kaleidoskopische Figur. Man würde ihm weder durch Beschreibung noch durch Versuche eine Vorstellung von den einfachsten Dingen, nicht von einer Kugel oder von einem Brett beibringen können, ebensowenig wie man dem Farbenblinden Rot beschreiben kann, oder dem das Geruchsorgan von Kind auf Entbehrenden den Duft der Rose. Der Mensch ohne Raumbegriff wäre viel übler daran als ein Blindgeborener; denn dieser kann den Raumbegriff sich erwerben mit Hilfe der übrigen Sinneswahrnehmungen, er lernt doch gehen, was dem ohne das Organ für den Raumbegriff Geborenen unmöglich wäre.

Nun wird man vielleicht entgegnen: er würde aber bei jeder Bewegung anstossen und dadurch stets darauf hingewiesen werden, dass er einen Defect hat, und dass ausser seinem Wahrnehmen es noch Weiteres giebt. Indessen, so würde ich erwidern, ganz ebenso geht es uns ja der Wirklichkeit gegenüber auch, wir stossen beständig an, körperlich und geistig: Körperlich sind es die von der empirischen Forschung entdeckten neuen Erscheinungen, die irgendwie mit der Wirklichkeit zusammenhängen; und geistig ist es das Absolute, von dem wir überall, wo wir bis ans Ende vordringen wollen, in unsere Schranken zurückgewiesen werden.

Auf alle Fälle klärt diese Betrachtung ungemein unsere geistige Beziehung zum Wirklichen. Es fehlt uns für das Wirkliche eben das Organ. Unser Gehirn ist mit Apparaten für Vorstellungen versehen, die den Wahrnehmungen entsprechen, welche von anderen Apparaten angefertigt und dem Denkapparat übergeben werden. Mit den Vorstellungen arbeitet das Gehirn in einer den Vorgängen der Aussenwelt durchaus angepassten Weise, so dass die Vorstellungen, welche durch Verkettung von Vorstellung zu Vorstellung aus einer Wahr-

nehmung oder Anfangsvorstellung schliesslich hervorgehen, entweder mit weiteren Wahrnehmungen zusammenstimmen, oder doch möglichen Vorgängen in der Wahrnehmungswelt entsprechen. Weiter ist uns nichts beschert. Wir sind in diesem Gehäuse eingeschlossen, und für das, was ausserhalb ist, sind wir blindgeboren. Nicht einen Schimmer können wir davon haben; denn der Schimmer gleicht doch schon dem Licht, aber was entspricht im Wirklichen dem Lichte? Wir denken mit den von unseren Sinneswerkzeugen und Gehirnvorrichtungen in unser Bewusstsein eingeführten Vorstellungen, und darüber kommen wir nicht hinaus. Wie diese sich zu der wirklichen Beschaffenheit der Welt verhalten, zu erkennen oder auch nur zu ahnen, dafür besitzt unser Gehirn keine Vorrichtung; also müssen wir auch darauf verzichten. Aus dem tierisch-organischen Keim entwickelten sich gemäss den in ihm vorhandenen Bedingungen durch Vererbung und Anpassung die Sinnesorgane und, ihnen entsprechend, die Organe des Gehirns. Gleichviel, wie die Fäden seiner Thätigkeit im Bewusstsein zusammenlaufen, — das sinnlich Wahrnehmbare, und was immer daraus durch Verkettungen der Vorstellungen von sinnlich Wahrnehmbarem sich ergeben mag, bildet den natürlichen Bereich und die undurchdringliche Schranke seines Erkennens.

Das ist der Sinn von dem dreifachen Gehäuse der Weltanschauung.

Wie bereits bemerkt, ist die Wirklichkeit unserem Wahrnehmen irgendwie zugeordnet; beide gehen irgendwie parallel. Dem Ausdruck Hrn v. *Helmholtz'*, dass die Erscheinungen Zeichen des Wirklichen seien, möchte ich den inhaltloseren Ausdruck Zuordnungen vorziehen, da man in der Dar-

stellung dieser zarten Verhältnisse nicht wählerisch genug in den Bezeichnungen sein kann.

Wie der Schein uns täuschen könnte, zeigt folgendes Beispiel: Man könnte meinen, dass den harten Gegenständen im Zimmer und seinen Wänden ähnlich Beschaffenes in der Wirklichkeit entsprechen müsste, jenem Marmortisch ein festes Etwas, dem Wasser im Aquarium und der Luft ein Bewegliches. Doch wenn wir uns daran erinnern, dass Elektricität in metallischen Leitern mit Leichtigkeit nach allen Richtungen sich bewegt, in gasförmige aber schwer eindringt, so stünde der Vorstellung nichts im Wege, dass im Wirklichen das Feste dem Gasartigen, die Luft dem Festen entspricht, und wir und die Körper, mit denen wir zu thun haben, aus einem dem elektrischen analogen Stoff bestehen. Dies soll nur ein Gleichnis sein, und ich übersehe nicht, dass seine Ausdehnung auf die leichte Beweglichkeit und Trennbarkeit des Flüssigen schwierig sein würde. Indessen es zeigt doch, wie unsicher Schlüsse aus der Erscheinung auf die Wirklichkeit sind. — Dergleichen Beispiele liessen sich viele anführen. Unter anderem brauchten die Dinge, welche wir wahrnehmen, keineswegs ihr wirkliches Substrat an dem Orte zu haben, wohin wir sie verlegen. Denn da wir nach der mechanischen Vorstellung nur Kräfte wahrnehmen, so kann sich in Bezug auf deren Ursprung alles anders verhalten, als wir meinen.

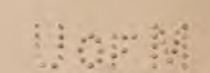
Kurz und gut, im physischen Jenseits ist Nichts unmöglich, wir sind von ihm durch eine undurchdringliche Scheidewand getrennt. Es braucht darin Nichts von dem zu existiren, was wir den natürlichen Dingen zusprechen.

Ob auf das Wirkliche die grossen Abziehungen Raum und Zeit in der Form, welche sie in der Körperwelt annehmen, sich erstrecken? — wir möchten es glauben. Doch können

wir mit Ueberzeugung kaum mehr aussprechen, als dass Raum und Bewegung oder Veränderung dem Wirklichen zukommen müssen; von welcher Beschaffenheit aber der Raum, und von welcher Abmessung die durch die Bewegung bestimmte Zeit sei, darüber lässt sich gar nichts aussagen.

Den Raum anlangend, so hat man ihn bekanntlich sogar um eine Dimension erweitern wollen. Von neueren Phantasien in dieser Richtung nicht zu reden, dürfte vielleicht folgender Bericht von einigem Interesse sein: Ich war mit dem Mathematiker *Eisenstein* im letzten Jahre seines kurzen Lebens befreundet, und er sagte mir einmal, dass bei dem Gedanken an sein nahes Lebensende ihn die Idee des Unendlichen peinige. Er helfe sich aber auf folgende Weise darüber hinaus: Denke man sich auf einer Kugeloberfläche ein Schattenwesen, d. i. ein Wesen, das nur in einer Fläche und ohne Dicke ausgebreitet, aber mit Denkvermögen begabt sei, so würde dasselbe in drei Dimensionen existiren, jedoch nur von zweien das Bewusstsein haben können. Und wenn es sich vorwärtsbewegte, so würde es dabei das Gefühl haben müssen, als ob es sich in einer Ebene bewegte; denn seine Lagerung würde stets dieselbe bleiben. Indem es vermeintlich in einer Geraden seiner eingebildeten Ebene sich ins Unendliche vorwärtsbewegte, würde es gleichwohl schliesslich an denselben Ort zurückkehren. Wenn es also auch das Gefühl des Unbegrenzten hätte, wie wir es haben, so wäre das bei ihm Täuschung. Geradeso könne es bei uns Täuschung sein, erstens, wenn wir uns in nur drei Dimensionen existirend vorstellen, und zweitens, wenn wir meinen, dass wir auf einer Geraden uns ins Unendliche entfernen können*).

*) Ich habe diese Anekdote öfters erzählt. Der ihr zu Grunde liegende Gedanke hat, in mannigfacher Wendung, und verschiedenen Urhebern zugeschrieben, eine gewisse Verbreitung gefunden und ist in der Frage von den vier Dimensionen anregend gewesen.



Ich fasse meine Schlüsse zusammen wie folgt:

Von der Wirklichkeit können wir wissenschaftlich gar nichts aussagen, ausser dass sie in einem Raum enthalten ist, und dass Bewegung in ihr stattfindet. Welcher Art dieser Raum und die auf die Bewegung gegründete Zeit in Beziehung zu unserem Anschauungsraum und zu unserer Zeit sei, darüber lässt sich gleichfalls nichts bestimmen.

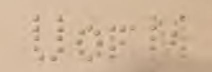
Wir müssen also in unserer Welt der Vorstellungen und Begriffe, in der es uns beschieden ist auszuharren, so gut es geht, uns einrichten. Weltschmerz darüber, dass wir die Wirklichkeit nicht erkennen können, fruchtet nichts. Und fürwahr! diese Welt ist so übel nicht. Lassen wir nur den Baum jener Erkenntnis unberührt, dessen Aepfel uns nicht bekommen, so können wir mit stets erhöhter Freude im übrigen Hain lustwandeln. Denn da innerhalb der Welt des Erscheinens unsere Urteile und Schlüsse der Verkettung der Erscheinungen angepasst sind, so bildet sie für uns eine relative Wirklichkeit, die unser naives Denken vollkommen befriedigt. Wenn wir mehr verlangen, so verkennen wir unsere Stellung zum absolut Wirklichen und mühen uns vergeblich. Was wir vermögen, das ist: die Erscheinungen zu ordnen und nach allen Richtungen von Zufälligem oder Unwesentlichem zu trennen. So erhalten wir ihre sogenannten Gesetze und führen sie auf die einfachsten Vorgänge zurück, die ich Elementarmechanismen nannte, und es gewährt uns dann den höchsten der Menschenseele beschiedenen Genuss, von diesen Elementarmechanismen zu den Erscheinungen durch Synthese oder Construction zurückzugelangen. Wir empfinden die Genugthuung des Künstlers, unter dessen Händen aus Pinselstrichen oder Meisselstössen ein vollendetes Werk entstanden ist.

Hierin liegt denn auch die Rechtfertigung meiner bisherigen Darstellung, welche es sorgfältig vermied, von Erklärung oder von den letzten Gründen der Erscheinungen u. dergl. zu sprechen, sondern sich stets auf das Streben nach deren gelungener Synthese zurückzog. Denn nur in ihr können wir das erreichbare Ziel der Forschung erblicken.

Die Construction ist übrigens auch der Weg, auf welchem die Forschung wohl meistens dazu gelangt, eine Erscheinungsform zu begreifen, — in dem Sinne, den ich an einer früheren Stelle (S. 11) dem »Begreifen« gab, dass es im allgemeinen in dem Herstellen einer uns befriedigenden Vorstellungsfolge zwischen der zu begreifenden (also uns beunruhigenden) Vorstellung und einer uns wenigstens vorläufig befriedigenden Anfangsvorstellung bestehe.

Betrachtet man z. B. die verschlungene Bahn eines Trabanten: Man löst sie in einfachere Vorstellungen auf, wenn man sie auf die Bewegung des Trabanten um seinen Planeten, und dieses um die Sonne bezieht. Damit ist indessen noch nichts Wesentliches erreicht. Auch die *Keppler*'schen Gesetze geben erst das Gesetz der Planetenbewegung. Um nun von hier aus weiter zu gelangen, müsste der menschliche Witz construiren, und zwar wie folgt: Der Begriff der anziehenden Kraft, welche die Planeten an die Sonne fesselt und ihnen ihre Bahnen vorschreibt, lag namentlich nach *Huyghens*' Entdeckung der Centrifugalkraft, wie man sagt, »in der Luft«. So sehr, dass auf Drängen seiner Freunde *Newton* in den »Principien« *Hooke* erwähnen musste*), der den Gedanken der Anziehungskraft besonders bestimmt ausgesprochen hatte. Nun galt es, ent-

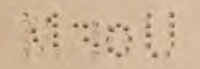
*) »Ut seorsum collegerant etiam nostrates *Wrennus, Hookius* et *Halleius.*« (Principia, Propos. IV, Scholium.)



weder aus den *Keppler*'schen Gesetzen auf die Art der Anziehungskraft zurückzuschliessen, oder solche Gesetze der Kraft zu vermuten, welche den *Keppler*'schen Gesetzen genügten, und sie probeweise in diese einzuführen. Es gleicht mehr dem divinatorischen Genie *Newton*'s, dass er auf dem letzteren Wege zu seiner Entdeckung gelangt ist; auch entspricht es mehr dem allgemeinmenschlichen Wege der Erfindung. Ferner erhält man, wenn die Vermutung sich auf das am nächsten liegende Anziehungsgesetz nach dem reciproken Quadrat der Entfernung gerichtet hat, viel rascher von dieser Kraft aus den Kegelschnitt der Planetenbahn, als von ihm zurück die Kraft. So weit gelangt, ist jetzt nur noch ein Schritt zur Trabantenbewegung. Voran gieng also bei der Entdeckung der allgemeinen Gravitation diese selbst. Sie war der ursprüngliche Gedanke, und aus ihm entwickelte sich dann alles Fernere.

Unter unzähligen Beispielen sei noch dieses erwähnt: Es würde in der Lehre von den Winden wohl ein schwieriges Vorgehen sein, von den Richtungen der Passate und namentlich von den complicirten Luftströmungen in äquatorfernen Breiten zu der Insolation der Tropen und der Erddrehung als Hauptquellen aller dieser Erscheinungen zurückzugehen, während man, von diesen ausgehend und die Luftströmungen demgemäss construirend, viele und wichtige hierhergehörige Erscheinungen gut erklären kann.

Dies ist das Verfahren, dessen sich die Entdeckung wohl fast immer bedient: Sie vermutet den Zusammenhang des verwickelten Erscheinens mit einfachen Vorgängen, »probirt«, ob sie zur Erscheinung führen, und durch wiederholte Versuche dieser Art erzielt sie entweder den gewünschten Erfolg, oder in leider viel zahlreicheren Fällen bleibt er aus. Dann aber pflegt auf anderem Wege erst recht nichts erreicht zu werden.



Ein so allgemeiner Denkvorgang wurzelt sicherlich in der Mechanik unseres Denkens. Versuchen wir es, seinen Ursprung aufzudecken. Das Beispiel der Schwerkraft deutet auf ihn hin. Wenn wir nämlich überlegen, wie sich psychologisch das fernwirkende Massenelement zu den Erscheinungen der Schwerkraft verhält, so erkennen wir sogleich, wie schon früher angedeutet, dass es der abgezogenste Begriff aus diesen ist, abgezogen in Hinsicht auf die verschiedenartige Substanz, abgezogen in Hinsicht auf deren mannigfaltige Fernwirkungen. Es ist allerdings eine zusammengesetztere Abziehung als der Begriff »Obst« oder »Gift«, u. s. w. Indessen beruht die Verschiedenartigkeit im wesentlichen nur in der Gruppe von Vorstellungen, aus denen das Gemeinsame abgezogen wird. Auch ist die Abziehung des Massenelements weniger verschieden von den Abziehungen Obst u. s. w., als die der Kraft aus ihren verschiedenen Wirkungen; denn zwischen diesen beiden ist die Vermittelung der analytischen Mechanik nötig, um die Abziehung zu ermöglichen. Jedenfalls aber unterliegt die Natur des Begriffs des fernwirkenden Massenelements als echter Abziehung keinem Zweifel.

Nun ist es klar, dass es schwerer ist, ein Gemeinsames von einer Gruppe von Erscheinungen aufzusuchen, als, wenn ein Gemeinsames gegeben ist, zu ermitteln, ob es den Individuen einer Gruppe durchweg zukömmt. Die Erkennung des Gemeinsamen ist ja manchmal so schwer, dass sie sogar bei den gebräuchlichsten Begriffen, wie z. B. organisch oder tierisch oder pflanzlich, noch nicht gelungen ist. Gleichwohl wird nur bei Grenzfällen die Entscheidung darüber, ob z. B. ein Vorgelegtes organischer oder unorganischer Natur ist, Schwierigkeiten machen können.

Hierin scheint mir nun die in Rede stehende Eigentüm-

lichkeit unseres Denkens zu wurzeln. Statt von der Trabantenbewegung den Weg über die *Keppler*'schen Gesetze bis zu dem gravitirenden Massenteilchen zu verfolgen, verfällt man sogleich auf ein solches als Elementarmechanismus und versucht, es mit solchen Kräften auszustatten, dass die *Keppler*'schen Gesetze herauskommen. Man versucht also die Abziehung zu erraten, und probirt sodann, ob sie es auch wirklich ist.

Das Vorstehende könnte ein Bedenken erregen. Indem wir das gravitirende Körperteilchen als eine echte Abziehung aus dem Erscheinungsgebiet der Gravitation hinstellten, könnte darin ein Widerspruch mit Früherem erblickt werden, wo wir es als einfachste Grundvorstellung, als Elementarmechanismus der Construction auffassten, der ja möglicherweise vorhanden sei, was z. B. von den Abziehungen Obst, Gift, u. s. w., die doch nur als Wortvorstellungen sich darböten, sicherlich nicht gelte.

Ein Widerspruch ist nun nicht vorhanden, wohl aber eine sehr merkwürdige Eigentümlichkeit gewisser Begriffe. Das fernwirkende Massenteilchen ist in der That eine echte Abziehung aus dem Erscheinungsgebiet der Gravitation und einiger anderen Wirkungen. Allein es ist zugleich Vorstellung, wenigstens erweckt es Vorstellungen, die ihm freilich, wenn es existirt, gar nicht zu entsprechen brauchen; und diese Vorstellungen können, ohne dass sie je aufhören, die Abziehungen aus jenen Gebieten zu sein, abgestuft werden bis zu den empiristischen oder idealistischen Abschlüssen von Corpuskel oder Atom.

Aehnliches tritt auf beim Raum. Auch dieser ist eine Abziehung aus unzähligen Erscheinungen der Anordnung der Vorstellungen, ist aber zugleich selbst Vorstellung. Allerdings sagt man wieder richtiger: er erweckt Vorstellungen, da wir

